



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ**  
INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**STAVEBNÍ PRŮZKUM A HODNOCENÍ  
STAVU KONSTRUKCE**  
BUILDING SURVEY AND EVALUATING THE STATE CONSTRUCTION

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

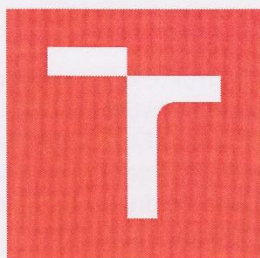
**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**Bc. Martin Nguyen**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D.**

**BRNO 2017**



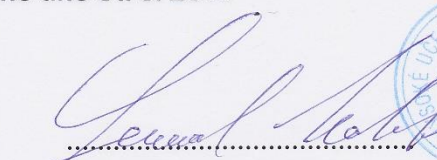
## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
PRACOVISŤE	Ústav stavebního zkušebnictví

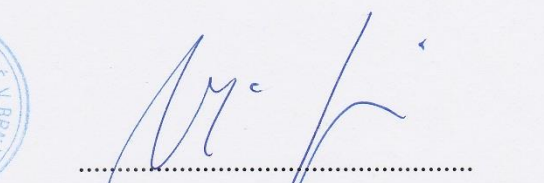
### ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Martin Nguyen
NÁZEV	Stavební průzkum a hodnocení stavu konstrukce
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
DATUM ZADÁNÍ	31. 3. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

  
prof. Ing. Leonard Hobst, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- HOBST, L. a kol.: Diagnostika stavebních konstrukcí, knihovnicka.cz, 2005
- CIKRLE, P. a kol. Diagnostické metody ve stavebnictví, modul M01. Studijní opora, VUT v Brně FAST, 2011.
- SCHMID, P. a kol. Základy zkušebnictví, VUT v Brně FAST, CERM Brno
- Bažant, Z., Klusáček, L. Statika při rekonstrukcích objektů. VUT v Brně FAST, CERM Brno, 2002
- ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- Podklady o objektu získané od vlastníka objektu a v archivech.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Cílem práce je zpracování návrhu průzkumu, realizace průzkumu, vyhodnocení výsledků zkoušek a hodnocení stávajícího stavebního objektu před jeho rekonstrukcí.

Teoretická část: Rešerše literatury. Zpracování metodiky průzkumu a hodnocení stavebních konstrukcí se zaměřením na současné platné normy. Stručný přehled použitých diagnostických metod.

Praktická část: Prvotní prohlídka objektu. Předběžné hodnocení stavu, sestavení plánu stavebně statického průzkumu. Provedení stavebně statického průzkumu. Vyhodnocení provedeného průzkumu. Statický výpočet vybraných kritických částí nosných konstrukce. Závěrečné zhodnocení stavu konstrukce.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:**

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

# STAVEBNÍ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE

## Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá stavebním průzkumem a hodnocením stavu existujících konstrukcí. V teoretické části jsou popsány typy stavebně technických průzkumů a diagnostické metody pro provedení průzkumu železobetonových konstrukcí. Praktická část se zabývá popisem stavebně technického průzkumu výrobní haly v průmyslovém areálu Fatry Napajedla, vyhodnocením pevnosti betonu na stávající konstrukci pomocí odběrů jádrových vývrtů a ověřením dodržení vyztužení dle projektové dokumentace. Poslední část je zaměřena na statický posudek vybraných nosných prvků konstrukce.

## Klíčová slova

Stavební průzkum, diagnostické metody, vývrt, Hilti PS 1000, Profometer PM-630, sekaná sonda, konstrukce, vyztuž, železobeton, pevnost betonu v tlaku, nosný prvek, statický posudek

# BUILDING SURVEY AND EVALUATING THE STATE CONSTRUCTION

## Abstract

This diploma thesis deal with the building survey and evaluating the state of existing constructions. In theoretical part are described the types of civil engineering surveys and diagnostic methods for conducting a survey of reinforced concrete structures. The practical part deal with describes the structural and technical survey of the production hall in the industrial area Fatra Napajedla, evaluating the strength of concrete on the existing structure through donations cores and verification of compliance with the reinforcement according to project documentation. The last part is focused on a static assessment of selected supporting elements of the structure.

## Keywords

Building survey ,diagnostic methods, bores, Hilti PS 1000, Profometer PM-630, chopped probe, construction, reinforcement, reinforced concrete, concrete compressive strength, bearing element, static assessment



## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Martin Nguyen *Stavební průzkum a hodnocení stavu konstrukce*. Brno, 2017. 137 s., 33 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví.  
Vedoucí práce Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 7. 12. 2016

---

Bc. Martin Nguyen  
autor práce

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## Prohlášení

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 7. 12. 2016

---

Bc. Martin Nguyen  
autor práce

## **Poděkování**

Rád bych chtěl jmenovitě poděkovat především své vedoucí diplomové práce, paní Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za její odborné rady, vedení, ochotu, trpělivost, čas a vstřícnost po celou dobu zpracování této práce, a také panu doc. Ing. Zdeňku Bažantovi, CSc. rovněž za ochotu a odborné rady týkající se statického výpočtu.

Dále bych chtěl poděkovat ostatním členům Ústavu stavebního zkušebnictví Vysokého učení technického v Brně za jejich čas, pozornost a odbornou pomoc při tvorbě této práce, která byla zpracována s využitím infrastruktury Centra AdMaS. V neposlední řadě děkuji také své rodině a přátelům, kteří mě podporovali v průběhu celého studia.



# Obsah

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>CÍL PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>A. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>12</b>
<b>1. HODNOCENÍ A POSUZOVÁNÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Postup hodnocení stávající konstrukce .....	13
<b>2. ZÁKLADNÍ STAVEBNÍ PRŮZKUMY.....</b>	<b>13</b>
2.1 Stavebně – historický průzkum.....	14
2.2 Stavebně – technický průzkum .....	15
2.2.1 Předběžný (základní) stavebně technický průzkum .....	18
2.2.2 Podrobný (komplexní) stavebně technický průzkum .....	18
2.2.3 Doplnující stavebně technický průzkum .....	19
<b>3. NEJČASTĚJŠÍ PROBLÉMY ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ.....</b>	<b>20</b>
3.1 Požadavky na beton a ocelovou výztuž v konstrukci .....	21
3.1.1 Beton, vlastnosti betonu a jeho klasifikace podle pevnosti v tlaku .....	21
3.1.2 Betonářská výztuž, jeho vlastnosti a současné značení .....	24
3.1.3 Vlastnosti předpínací výztuže .....	29
<b>4. DIAGNOSTICKÉ METODY STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ.....</b>	<b>30</b>
4.1 Diagnostické metody pro zkoušení betonu .....	31
4.1.1 Tvrdoměrné metody pro zkoušení betonu .....	32
4.1.2 Ultrazvuková impulsní metoda.....	36
4.1.3 Stejnorodost betonu.....	39
4.1.4 Odtrhové zkoušky .....	40
4.1.5 Jádrové vývrty .....	41
4.1.6 Stanovení modulu pružnosti betonu .....	48
4.1.7 Karbonatace betonu.....	52
4.1.8 Fyzikálně – chemické analýzy.....	53
4.1.9 Ostatní zkoušky pro zjištění vlastnosti betonu .....	54
4.2 Diagnostické metody pro lokalizaci betonářské výztuže.....	55
4.2.1 Sekaná sonda .....	55
4.2.2 Elektromagnetické indikátory polohy výztuže .....	55

4.2.3	Georadar .....	57
4.2.4	Radiografická metoda.....	58
<b>B.</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>60</b>
<b>5.</b>	<b>STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE VÝROBNÍ HALY V AREÁLU FATRA NPAJEDLA.....</b>	<b>60</b>
<b>5.1</b>	<b>Základní informace objektu .....</b>	<b>60</b>
5.1.1	Historie společnosti Fatra, a.s.....	60
5.1.2	Popis objektu .....	61
<b>5.2</b>	<b>Důvod provedení stavebního průzkumu .....</b>	<b>61</b>
<b>5.3</b>	<b>Rozsah průzkumu a rozmístění sond .....</b>	<b>62</b>
5.3.1	Rozsah průzkumu .....	62
5.3.2	Rozmístění sond .....	62
<b>5.4</b>	<b>Použité metody při provedení průzkumu.....</b>	<b>67</b>
5.4.1	Stanovení pevnostní třídy betonu .....	67
5.4.2	Ověření vyztužení pomocí přístrojů Profometer PM-630 a Georadar Hilti PS 1000 doplněné sekanými sondami .....	68
<b>5.1</b>	<b>Výsledky průzkumu – Stanovení pevnosti betonu v tlaku .....</b>	<b>69</b>
5.1.1	Strop nad 1.NP a sloup v 1. NP .....	70
5.1.2	Stanovení tloušťek desek a podlah.....	74
5.1.3	Výsledky získané ze zkoušek pevnosti betonu v tlaku .....	74
5.1.4	Vyhodnocení zkoušek pevnosti betonu v tlaku .....	80
<b>5.2</b>	<b>Výsledky průzkumu – Stanovení vyztužení .....</b>	<b>82</b>
5.2.1	Stanovení vyztužení průvlaku ve stropu nad v 2. NP .....	83
5.2.2	Stanovení vyztužení sloupu v 3. NP.....	86
5.2.3	Stanovení vyztužení žebra ve stropu nad v 4. NP .....	88
5.2.4	Stanovení vyztužení desky ve stropu nad v 4. NP.....	91
5.2.5	Stanovení vyztužení a příčiny poškození ozubu průvlaku v místě dilatace ve stropu nad 4. NP ...	93
5.2.6	Výsledky stanovení vyztužení vybraných prvků ze všech nadzemních podlaží .....	94
<b>6.</b>	<b>STATICKÝ POSUDEK VYBRANÝCH ČÁSTÍ KONSTRUKCE .....</b>	<b>95</b>
<b>6.1</b>	<b>Statický posudek stropní desky v 1. NP .....</b>	<b>96</b>
6.1.1	Závěrečné vyhodnocení statického posudku stropní desky v 1. NP.....	102
<b>6.2</b>	<b>Statický posudek stropního průvlaku v 1. NP.....</b>	<b>103</b>
6.2.1	Závěrečné vyhodnocení statického posudku stropní průvlaku v 1. NP .....	111
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>112</b>

<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY, INTERNETOVÝCH ODKAZŮ A CITOVANÝCH NOREM .....</b>	<b>115</b>
Seznam použité literatury .....	115
Seznam použitých internetových odkazů.....	117
Seznam citovaných norem .....	121
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN.....</b>	<b>123</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>130</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>132</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>133</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>137</b>

## ÚVOD

V současné době se hodnocení existujících konstrukcí dostává do popředí zájmu stavebních odborníků ve většině průmyslově vyspělých zemích, ve kterých rekonstrukce a přestavby představují většinu veškeré stavební činnosti. Je to ovlivněno například tím, že řada existujících konstrukcí, u nichž je cílem při hodnocení minimalizovat zásahy do konstrukce, nesplňují požadavky současně platných norem nebo mnoho uživatelů jeví zájem o nových způsobů využití existujících staveb. [1]

Při rekonstrukci daného objektu je důležité se zaměřit především na nosnou konstrukci a její části, následně zjistit jejich stav pro posouzení a provedení statického řešení. Dříve, než se provedou změny stavebního objektu, je nutné nejprve provést stavebně technický průzkum a poté už hodnocení samotné konstrukce.

*V teoretické části* této diplomové práce jsou především popsány různé typy průzkumů, diagnostické metody používané pro zkoušení betonu na stávající konstrukci a metody pro lokalizaci výztuže u železobetonových konstrukcí.

*V praktické části* je stručně popsán zkoumaný objekt, způsob provedení diagnostiky, stanovení pevnosti betonu nosných prvků konstrukce, ověření vyztužení dle projektové dokumentace a na závěr statický výpočet vybraných částí konstrukce.

## CÍL PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je vyhotovení stavebně technického průzkumu objektu č. 24 tzv. „pětietážovka“ v areálu Fatra Napajedla zahrnující odběr několika jádrových vývrtů pro vyhodnocení pevnostních tříd betonu, ověření vyztužení vybraných nosných částí dle projektové dokumentace a statické posouzení vybraných částí konstrukce.



## A. TEORETICKÁ ČÁST

### 1. HODNOCENÍ A POSUZOVÁNÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ

Hodnocení a posuzování existujících stavebních konstrukcí je jedním z oborů stavebního inženýrství, který má za úkol prodloužit životnost konstrukce, dosáhnout požadované bezpečnosti a spolehlivosti konstrukčních prvků. Při hodnocení těchto konstrukcí jsou často vyžadující znalosti a zkušenosti překračující rozsah platných norem.

Diagnostický průzkum je obecně zaměřen nejen na zjišťování aktuálního stavu objektu, ale také na materiálové, technické, stavebně fyzikální a chemické vlastnosti konstrukce. Součástí diagnostiky je i prověřování a identifikace projektového řešení, vlastní realizace stavby, údržba a monitoring veškerých stavebních zásahů na hodnocených objektech. Na základě rozboru zjištěných údajů se vyhodnotí aktuální stav dané konstrukce, její funkčnost a spolehlivost jednotlivých konstrukčních prvků, poté se specifikují příčiny, stanoví se riziko poruch a nakonec se navrhne jejich opatření.



**Obr. 1.1:** Část nosné konstrukce výrobní haly [22]

Jelikož je rozsah práce většinou omezen pouze na to nejdůležitější z důvodu ekonomického a technického hlediska, tak část získaných dat se může vyskytnout s jistými neurčitostmi a chybami.

Několik důvodů vedoucích k hodnocení existující konstrukce:

- očekávaná změna v používání nebo prodloužení návrhové životnosti;
- ověření spolehlivosti požadované úřady nebo vlastníky;
- poškození konstrukce od mimořádných zatížení;
- degradace konstrukce vlivem časově závislých zatížení nebo vlivů. [2]

## 1.1 Postup hodnocení stávající konstrukce

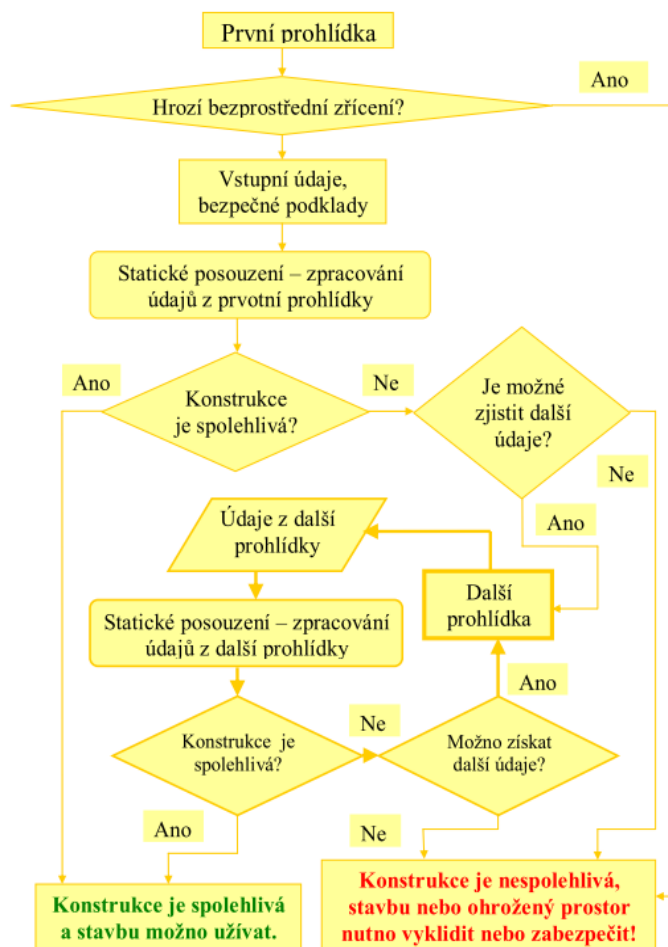
Postup hodnocení stavební konstrukce s ohledem na jeho stav se odvíjí od potřeb a požadavků objednavatele. Na základě vzájemné dohody s objednavatelem se stanoví účel hodnocení existující konstrukce s ohledem na její budoucí funkční způsobilost vycházející z několika funkčních úrovní:

- úroveň bezpečnosti – poskytuje uživatelům konstrukce odpovídající bezpečnost;
- úroveň trvale udržitelných funkčních vlastností – poskytuje nepřetržitou funkčnost pro speciální konstrukce;
- požadavky objednavatelů na speciální funkční vlastnosti. [22]

## 2. ZÁKLADNÍ STAVEBNÍ PRŮZKUMY

Základní stavební průzkumy dle získaných zkušeností dělíme na:

- a) Průzkum stavebně – historický;
- b) Průzkum stavebně – technický.



Obr. 2.1: Obecný diagram pro hodnocení konstrukce podle ČSN ISO 13822 [3]

## 2.1 Stavebně – historický průzkum

Tento typ průzkumu se provádí u kulturních památek v předstihu před stavebně technickým průzkumem, jehož smyslem je přispět k poznání historie objektu, tedy odhalit jejich historický vývoj, stáří objektu, jak v dané době stavba vypadala a její postupný rozvoj. U těchto konstrukcí je hlavním cílem zachování všech cenných prvků s využitím především nedestruktivních diagnostických metod. Provedení průzkumu je podmíněno nejen širokými znalostmi vývoje architektury, ale také praktickými zkušenostmi z předchozích průzkumů památek.

Základem je detailní průzkum stavby a shromáždění písemných, plánových a obrazových materiálů. Výsledkem všech těchto poznatků je tzv. elaborát, který obsahuje dějiny stavby, architektonický rozbor stavby, umělecko – historické hodnocení, stavebně – technický popis, půdorysy a pohledy s grafickým vyznačením architektonických detailů.

Tento typ průzkumu lze zpracovat pro řadu staveb, jako jsou např. hrady, zámky, historické městské domy, zahrady nebo parky. [4] [23]



**Obr. 2.2:** Příklad vyznačení výsledků stavebně historického průzkumu v půdoryse [4]

## 2.2 Stavebně – technický průzkum

Stavebně technický průzkum (dále jen STP) se provádí za účelem ověření aktuálního stavu konstrukce a vlastností materiálu pro následné provedení statického výpočtu. Tento průzkum může být zaměřen jak na celou konstrukci, tak i na její části, ze které je konstrukce zhotovena. Rozsah a náklady průzkumu mají být přiměřeny jejich významu.

Nejčastěji se STP vyžaduje v těchto situacích:

- nástavba nebo přístavba objektu;
- rekonstrukce;
- změna vlastníka objektu;
- zjištění příčin a závažnosti poruch objektu;
- nová výstavba v těsném sousedství.

Jednotlivé STP se od sebe liší, jelikož se diagnostické práce vždy musí přizpůsobit stavu a povaze zkoumaného objektu, druhu plánovaných stavebních úprav atd. Rozdílný přístup při provedení průzkumu je především u starších objektů, u kterých se nedochovala dokumentace, anebo došlo k množství změn při dřívějších přestavbách.

Výsledkem STP je závěrečná zpráva, která popisuje a vyhodnocuje stav konstrukce. Může být zpracována ve třech následujících stupních:

- předběžný STP pro potřeby zadávací studie rekonstrukce, modernizace apod.;
- podrobný STP pro zpracování statických výpočtů a projektové dokumentace;
- doplňující a speciální STP pro potřeby doplnění podrobného STP.

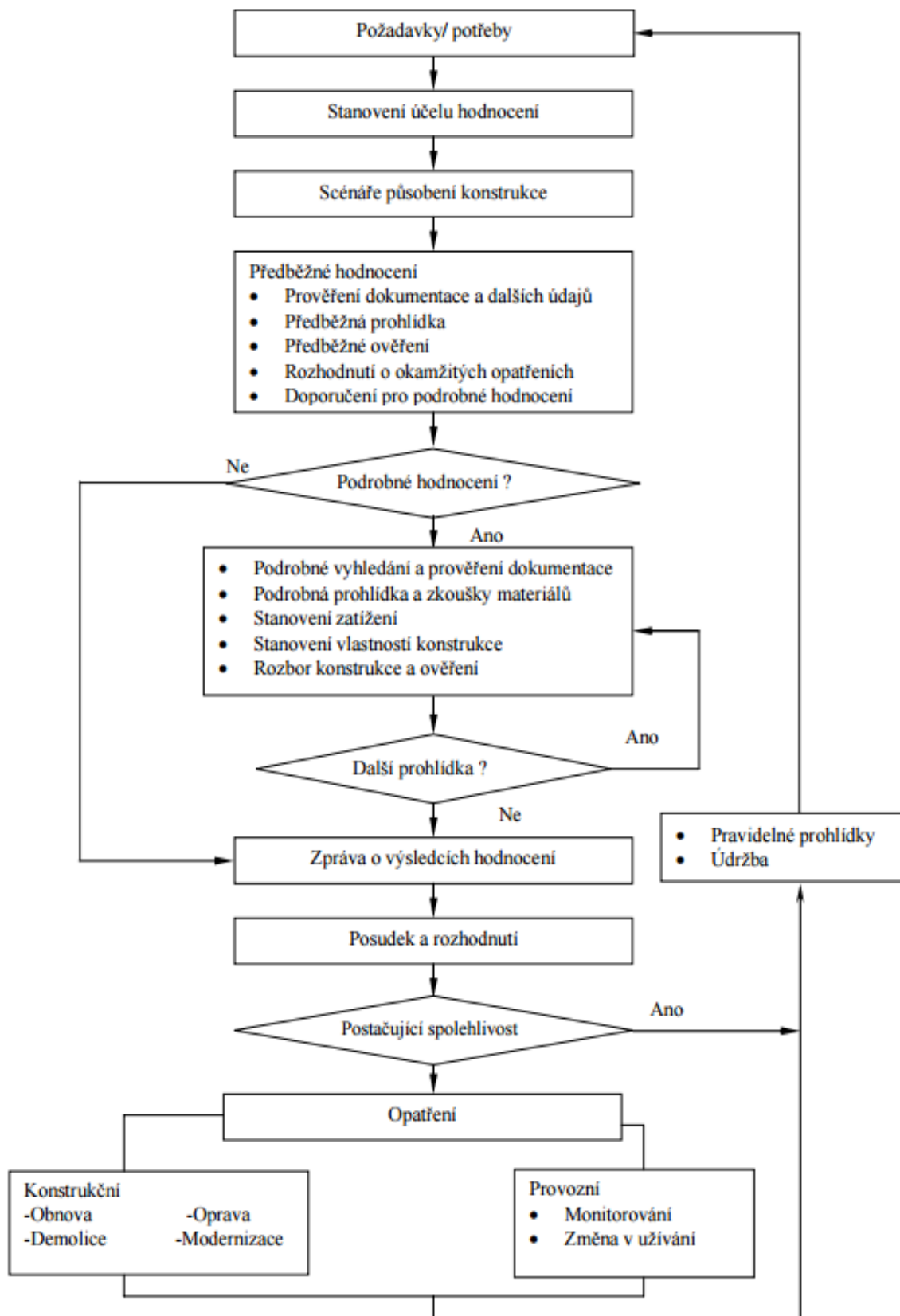
Přesné postupy při provádění STP jsou uvedeny v ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí [88]. Obecný postup hodnocení existujících konstrukcí obsahuje následující kroky, které umožňují provádět hodnocení s ohledem na současný stav konstrukce. Důležitou roli zde hraje také závislost na specifických okolnostech, jako je např. dostupnost projektové dokumentace, zjištěné škody apod.

- a) Nejdůležitějším krokem je stanovení účelu hodnocení
- b) Scénáře
- c) Předběžné hodnocení
  - I. Studium dokumentace a dalších údajů
  - II. Předběžná prohlídka
  - III. Předběžné ověření



- IV. Rozhodnutí o okamžitých opatřeních
- V. Doporučení pro podrobné hodnocení
- d) Podrobné hodnocení
  - I. Podrobné vyhledání a prověření dokumentace
  - II. Podrobná prohlídka a zkoušky materiálů
  - III. Stanovení zatížení
  - IV. Stanovení vlastností konstrukce
  - V. Analýza konstrukce
  - VI. Ověření
- e) Výsledky hodnocení
  - I. Zpráva
  - II. Koncepční návrh konstrukčních opatření
  - III. Řízení rizik
- f) V případě potřeby se postup opakuje

Tento postup je možné využít jak pro hodnocení jedné určité konstrukce, tak i pro hodnocení skupiny konstrukcí. [3] [4]



Obr. 2.3: Vývojový diagram obecného postupu hodnocení konstrukce [88]

### 2.2.1 Předběžný (základní) stavebně technický průzkum

Předběžný neboli základní STP shromažďuje nejobecnější informace o stavebním objektu, jako je např.:

- historie objektu;
- vývoj provozního využívání;
- postupné stavební změny;
- návaznost na nejbližší okolí;
- konstrukční charakteristiky, včetně výčtu provozních a konstrukčních vad a poruch.

Výzkumy tohoto typu se provádí za plného provozu před zahájením projekční přípravy. Využívají se archivní materiály, původní projektová dokumentace apod.

Provedení průzkumu spočívá ve shromáždění a studiu dostupných podkladů, vizuální prohlídce objektu, jeho konstrukcí a nejbližšího okolí.

Závěrem tohoto průzkumu je zpracování pasportu objektu a doporučení pro další stupeň průzkumu tzv. podrobný stavební průzkum. [4] [24] [25]

### 2.2.2 Podrobný (komplexní) stavebně technický průzkum

Podrobný průzkum konkretizuje a doplňuje informace získané základním průzkumem, mezi které patří např. druh, kvalita materiálů nosných konstrukcí nebo jejich statické parametry.

Doplnění základního průzkumu má zpravidla tyto části:

- průzkum geologického podkladu včetně hydrogeologických poměrů;
- fotografickou dokumentaci stávajícího objektu;
- specifikace možných příčin zjištěných vad a poruch konstrukcí;
- specifikace konstrukcí a materiálů, vyžadující aplikaci destruktivních průzkumných metod.

Tyto činnosti průzkumu se zpravidla také provádí bez přerušení provozu.

Způsob provádění průzkumu spočívá:

- ve vizuální prohlídce objektu, jeho konstrukcí a nejbližšího okolí;
- v provedení nedestruktivních zkoušek pro stanovení fyzikálních ukazatelů, omezené destruktivní metody pro hodnocení charakteristik materiálů nevylučující běžný provoz v objektu.

Získané informace jsou následně zpracovány v takové úrovni, aby byly dostatečným podkladem pro zpracování projektové dokumentace. Tento typ STP se provádí především z důvodu získání podkladů pro zpracování statických výpočtů. [4] [24] [25]

### **2.2.3 Doplnující stavebně technický průzkum**

Doplňující STP je závěrečnou etapou průzkumu, která se provádí těsně před realizací rekonstrukce objektu. Vyhodnocují se především sporné závěry z předchozích průzkumů a doplňují se nové poznatky. Při této metodě se používají destruktivní diagnostické metody s odběrem vzorků a jejich vyhodnocení v laboratoři. Součástí průzkumu mohou být také ekonomické údaje, pomocí kterých lze odhadnout výši nákladů na případné rekonstrukce. [4] [24] [25]

### 3. NEJČASTĚJŠÍ PROBLÉMY ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

U diagnostiky železobetonových konstrukcí hraje významnou roli stáří objektu. Při jejich hodnocení je důležité počítat se značně rozdílnou kvalitou a rozdílným stupněm degradace betonu.

Koncem devatenáctého století se značně zhoršovala kvalita vstupních surovin jako je cement a kamenivo, proto beton v tomto období měl většinou nízkou pevnost v tlaku. U staveb se používal beton pokládáný kamenem, kde hrozil výskyt kaveren. Po 1. světové válce již byla technologie betonu na lepší úrovni a vznikaly tak úsporné stavby, které byly charakterizované tím, že měly malé průřezy prvků. V horních patrech budov se snižovala kvalita betonu a u masivních konstrukcí, jako jsou např. mostní opěry, se vyskytovala pouze kvalitní povrchová vrstva tzv. předsádkový beton.

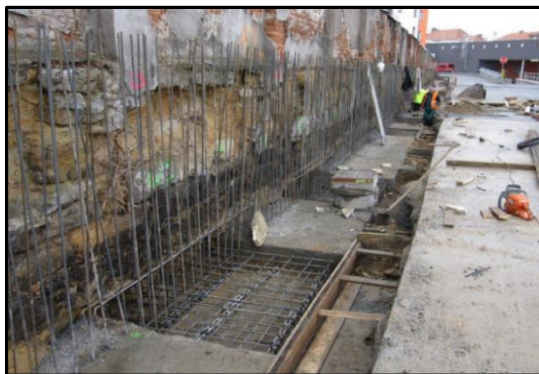
Během období třicátých až padesátých let dvacátého století se používal beton s hlinitanovým cementem, který je charakteristický rezavě hnědou barvou pojiva s rychlým nárůstem pevnosti, což mělo příznivý dopad na zvýšení výkonnosti ve stavebnictví. Bohužel se postupem času ukázalo, že v těchto betonech začíná docházet k rozkladu pojiva, který měl za následek ztrátu únosnosti konstrukcí.

Pro období po 2. světové válce byla typická technologická nekázeň, zapříčiněná nedostatečnou kontrolou kvality a nízkou pracovní morálkou. Projevovalo se to především v nahrazování projektovaného druhu oceli jiným druhem s malou krycí vrstvou betonu, což mělo za následek vznik masivní koroze výztuže na konstrukcích vystavených venkovnímu prostředí. [5]

V posledním období po roce 1989 postupně došlo ke zlepšování kvality železobetonových konstrukcí z důvodu zlepšení technologií, přísnějším požadavkům a kontrolám na kvalitu materiálu. Přesto, co se týče výskytu vad a poruch, hraje do současnosti významnou roli především lidský faktor.



**Obr. 3.1:** Beton s hlinitanovým cementem [26]



**Obr. 3.2:** Železobetonová monolitická konstrukce opěrné zdi [27]

### 3.1 Požadavky na beton a ocelovou výztuž v konstrukci

Při hodnocení existujících konstrukcí se vychází z platných norem ČSN ISO 13822 [88] a ČSN 73 0038 [67], ve kterých je uveden postup pro zjišťování materiálových vlastností betonu, betonářské výztuže a předpínací výztuže.

#### 3.1.1 Beton, vlastnosti betonu a jeho klasifikace podle pevnosti v tlaku

Beton je tzv. kompozitní látka složená ze dvou nebo více složek, které se výrazně liší fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Vzniká ztvrdnutím směsi jeho základních složek, přesněji cementu jako pojiva, kameniva jako plniva a vody. Vlastnosti betonu jsou především ovlivněny skladbou, poměrem mísení jeho základních složek a účinky působení okolního prostředí, jako je např. vlhkost, teplota či agresivní činitelé. Je charakteristický velmi dobrou pevností v tlaku, ale zároveň i lomovou křehkostí.

U konstrukcí, kde převažuje tlakové napětí, se používá prostý beton, který je bez výztuže, u konstrukcí namáhané ohybem, kde na jedné straně průřezu vzniká tlakové napětí a na druhé straně tahové napětí, je potřeba beton vhodně vyztužovat. Pro vyztužení se nejčastěji používají ocelové pruty s dostatečně vysokou pevností v tahu, pak už ale mluvíme o železobetonu nebo o předpjatém betonu, do něhož je záměrně a nezávisle na zatížení vneseno předpětí výztuží.

Co se týče diagnostiky železobetonové konstrukce, je nutné stanovit pevnostní třídu betonu, která se stanoví na základě dokumentace o skutečném provedení stavby nebo vyhodnocení zkoušek betonu v konstrukci. Ovšem je velmi důležité si uvědomit, že skutečné vlastnosti betonu se mnohdy od dokumentace mohou podstatně lišit, a proto se vždy doporučuje provést jejich ověření zkouškami.

V platných normách pro navrhování jsou uvedeny charakteristické hodnoty betonu. Značení pevnostních tříd betonu je podle aktuální normy ČSN EN 206-1 [77], které je jiné než u starších norem. Pro převod pevnostních tříd betonu platí *Tab. 3.1*.

Pro klasifikaci betonu podle pevnosti v tlaku se uvádí *Tab. 3.2* pro těžký a obyčejný beton, *Tab. 3.3* pro lehký beton. V těchto tabulkách jsou uvedeny charakteristické pevnosti v tlaku ( $f_{ck,cyl}$ ) zjištěné na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, a charakteristické pevnosti v tlaku ( $f_{ck,cube}$ ) zjištěné na krychlech o hraně 150 mm, v obou případech ve stáří zpravidla 28 dnů. [5] [28]

Tab. 3.1: Druhy, značení, třídy betonu a převod značení podle ČSN 73 0038 [67]

NORMA								
ČSN 1090:1931 ČSN 1230:1937		ČSN 73 2001:1956 ČSN 73 6206:1971	ČSN 73 1201:1967	ČSN 73 1201:1986	ČSN EN 206-1			
BETON								
druh	pevnost [MPa]*	značka	třída		pevnostní třída		f <sub>ck,cyl</sub> [MPa]	f <sub>ck,cube</sub> [MPa]
a	6	60	OI	-	(C3/3,5)	nekonstruktivní beton	3,0	3,5
b	9	80		B 5	(C4/5)		4,0	4,5
c	12	105	0	B 7,5	(C6/7,5)		6,0	7,5
d	15	135	I	B 10	C 8/10		8,0	10,0
				B 12,5	(C9/12,5)		9,0	12,5
e	20	170	II	-	(C10/13,5)		10,0	13,5
				B 15	C 12/15	konstruktivní beton	12,0	15,0
f	30	250	III	B 20	C 16/20		16,0	20,0
				B 25	C 20/25		20,0	25,0
g	40	330	IV	-	(C23/28)		23,0	28,0
				B 30	C 25/30		25,0	30,0
		400		B 35	(C28/35)		28,0	35,0
				-	C 30/37		30,0	37,0
			V	B 40	(C30/40)		30,0	40,0
		500		B 45	C 35/45	35,0	45,0	
			VI	B 50	C 40/50	40,0	50,0	
		600		B 55	C 45/55	45,0	55,0	
				B 60	C 50/60	vysokopevnostní beton	50,0	60,0
					C 55/67		55,0	67,0
					C 60/75		60,0	75,0
					C 70/85		70,0	85,0
					C 80/95		80,0	95,0
					C 90/105		90,0	105,0
					C 100/115	100,0	115,0	

Poznámka: pevnostní třídy uvedené v závorkách nejsou v příslušné normě uvedeny

\*průměrná pevnost v tlaku zkušebních krychlí o hraně 200 mm ze zavlhlé směsi

$f_{ck,cyl}$  – charakteristická válcová pevnost v tlaku o válcích Ø 150 mm a výšce 300 mm

$f_{ck,cube}$  – charakteristická pevnost v tlaku na krychlích o hraně 150 mm

**Tab. 3.2:** Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu v tlaku [8]

Pevnostní třída v tlaku	Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/28	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

**Tab. 3.3:** Pevnostní třídy lehkého betonu [8]

Pevnostní třída v tlaku	Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 55/60	55	60
LC 60/66	60	66
LC 70/77	70	77
LC 80/88	80	88



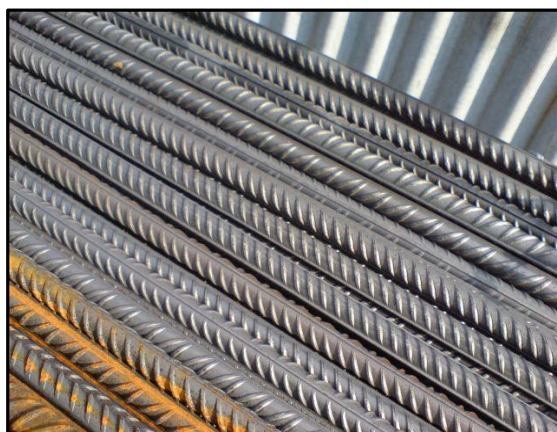
### 3.1.2 Betonářská výztuž, jeho vlastnosti a současné značení

Betonářská výztuž je souhrn všech složek, při jejímž vhodném umístění v betonu, dochází ke zlepšení mechanických vlastností železobetonové konstrukce. Tyto složky bývají obvykle kovové, ale v některých případech mohou být také nekovové. Jejich funkce spočívá v přebírání napětí v tahu a ve smyku, kdy v těchto případech jim beton vzdoruje jen velmi málo. Kromě funkce statické, má betonářská výztuž také funkci konstrukční, kdy napomáhá k vytvoření a fixaci výztužných celků v bednění před uložením betonu.

U železobetonových a předpjatých konstrukcí se pro vyztužení používají následující druhy výztuže:

- betonářská výztuž prostě vložená do betonu bez vyvolání předpětí;
- předpínací výztuž se záměrným úmyslem vyvolání předpětí v konstrukci;
- tuhá výztuž (válcované ocelové profily) používaná u spřažených konstrukcí;
- rozptýlená výztuž (vlákna z různých materiálů) rovnoměrně rozptýlena v betonu.

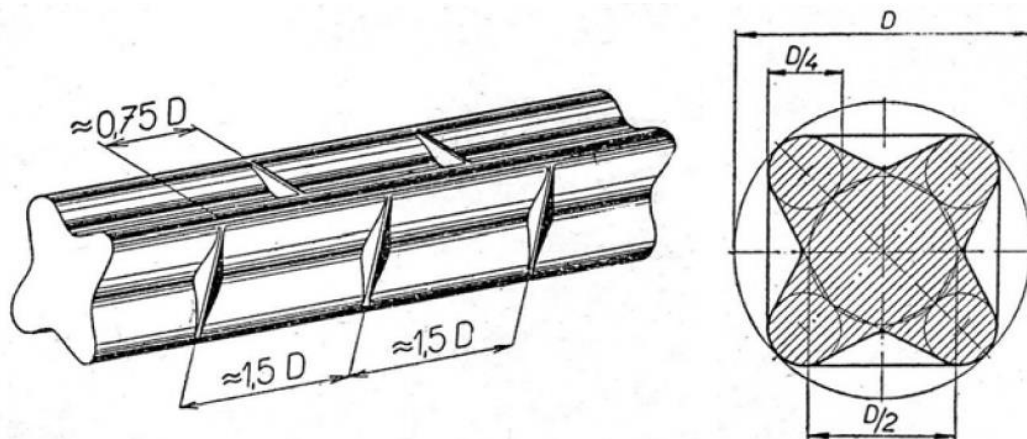
Výroba betonářské výztuže spočívá z výroby oceli válcovaných za tepla, jejichž pevnost v tahu je přibližně stejná jako pevnost v tlaku a zároveň mnohonásobně vyšší než odpovídající pevnosti betonu. Jejich tvar bývá kruhového průřezu s hladkým nebo tvarovaným povrchem a používají se buď jednotlivě, nebo se svařují do sítí. Tvarovaný povrch slouží pro zlepšení soudržnosti s betonem, který je tvořen příčnými žebírkami nazývané jako žebírková výztuž nebo vtisky s vtačovaným profilem. Zpravidla je pevnost betonářských ocelí 10 krát vyšší než pevnost betonu v tlaku a více než 100 krát vyšší pevnost betonu v tahu.



**Obr. 3.3:** Betonářská výztuž [29]

Z hlediska diagnostiky se betonářská výztuž stanoví na základě dokumentace skutečného provedení stavby nebo průzkumu. Druh výztuže se většinou identifikuje podle tvaru žebírek a jeho vlastnostmi se zabývá norma ČSN ISO 13822 [88] (73 0038 [67]), ve které lze najít také tvary betonářských výztuží používané v dřívější době. Pokud se jedná o ocel, která není uvedena v normě, je nutné ověřit její vlastnosti zkouškami nebo uvažovat stejné hodnoty jako pro výztuž 10 216 (E). Za zmínku stojí výztuž ISTEK, která je spletená ze dvou hladkých kruhových průřezů a ROXOR, který nemá typický kruhový průřez. Výztuž Roxor byla používána převážně od třicátých do padesátých let minulého století, i když v dnešní době se již nepoužívá, tak se výztuž takto slangově stále označuje. Pro přesnější určení lze z konstrukce odebrat vzorek výztuže tak, aby při odběru

nebyla ohrožena nosná funkce konstrukce. Následně pro statické vyhodnocení je potřeba její polohu a množství uvažovat podle skutečnosti. [8] [30] [31]



**Obr. 3.4:** Výztuž do betonu 10 512 „ROXOR“ [5]

V současnosti se dnes používá jen níže uvedená ocel 10 505, která je ekvivalentní se zahraničními betonářskými ocelmi a vyrábí se většinou v průměrech 8, 10, 12, 14, 16, 20, 25, 28 a 32 mm, výjimečně i v průměrech 6, 18, 22, 36 nebo 40 mm.

V souladu s ČSN EN 10027-1 [78] se dnes betonářské oceli vyznačují ve tvaru BXXXZ, kde písmeno B označuje betonářskou ocel, XXX mez kluzu v [MPa] a Z tažnost oceli ve třech volbách:

- **A** – normální, např. *B500A* odpovídá oceli 10 505.0
- **B** – vysoká, *B500B* odpovídá oceli 10 505.9
- **C** – velmi vysoká

Pro méně náročnější konstrukce jako jsou základové nebo stropní desky rodinných domů se většinou používají svařované sítě tzv. KARI sítě nebo svařované rohože z důvodu rychlé pokládky výztuží. KARI sítě se vyrábějí z KARI drátů o průměru 4 až 8 mm (výjimečně 12 mm) z oceli s mezí kluzu 500 až 550 MPa. Svařované rohože jsou mřížky zakázkové, vyráběné v libovolných tvarech. [31]


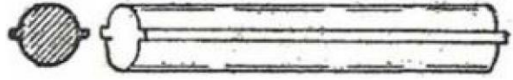







**Obr. 3.5:** Kari síť [32]

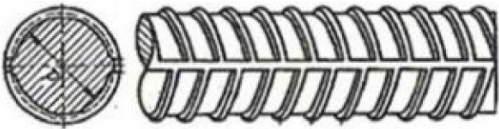
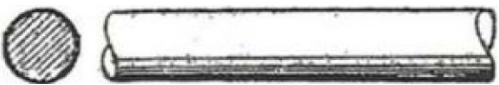
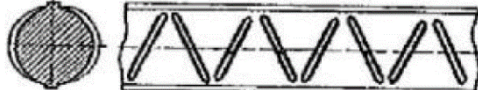

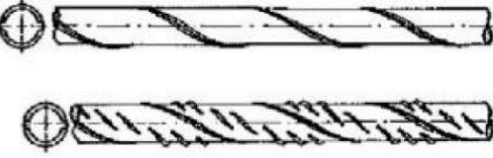
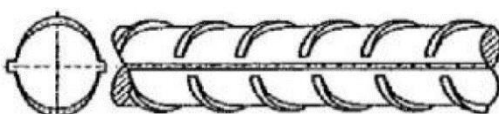
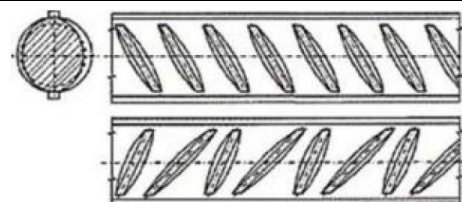
**Tab. 3.4:** Druhy ocelí, jejich značky, země výrobce oceli a meze kluzu používané v současnosti [62]

Země výrobce oceli	Značka oceli a výrobová norma			Mechanické vlastnosti	
	Národní značka oceli	Výrobová norma	Evropská značka oceli (EN 10027-1)	Mez kluzu (min) Re [MPa]	Pevnost v tahu (min) Rm [MPa]
Portugalsko	A 400 NR	LNEC E 449	B420B	400	460
Portugalsko	A 400 NR SD	LNEC E 455	B420C	400	-
Německo	BSt 420 S	DIN 488-2	B420B	420	500
UK	B500A	BS 4449	B500A	500	-
Německo	BSt 500 M	DIN 488-4		500	550
Německo	BSt 500 KR	DIN 488		510	550
Rakousko	M 500	ÖNORM B 4200		500	560
UK	B500B	BS 4449	B500B	500	-
ČR	10 505.9	ČSN 41 0505		500	550
Portugalsko	A 500 NR	LNEC E 450		500	550
Portugalsko	A 500 NR SD	LNEC E 460	B500C	500	-
Německo	BSt 500 S	DIN 488-2	B500B	500	550
Německo	BSt 500 WR	DIN 488		500	550
UK	B500C	BS 4449	B500C	500	-
Rakousko	M 500	ÖNORM B 4200	B550A	550	620
ČR	Třinec BSt 550	ÖNORM B 4200	B550B	550	620

**Tab. 3.5:** Přehled typů betonářské výztuže včetně schémat žebrování viz ČSN ISO 13 822 [88]

Předpis	Druh	Označení	Tvar betonářské výztuže
ČSN 1016:1926		C 34	
ČSN 1090:1931		Cc	
ČSN 1090:1931		C 38	
ČSN 1090:1931		Jakostní	
ČSN 1091:1935		Cb	
ČSN 1230:1937		C 37	
ČSN 1230:1937		C 52	
-		Beton speciál	
ČSN 41 0000 ČSN 42 5510	10 000		
ČSN 41 0002	10 002	A	
ČSN 41 02010	10 210	A-0	
ČSN 41 0216 ČSN 42 5512	10 216	E	
ČSN 41 0373	10 372	B A-0	
ČSN 41 0373 <sup>2)</sup>	10 373	B <sub>s</sub>	
ČSN 41 0452 ČSN 42 5513	10 452 10 453	C C <sub>s</sub>	
	10 472 (ISTEG)	I	
ČSN 41 0492 ČSN 42 6560 <sup>2)</sup>	10 492 (TOROS)	T, Tor 30	
ČSN 42 5537 <sup>2)</sup>	10 512 (ROXOR)	R	
	10 513 (ROXOR)	R <sub>s</sub>	
	10 512 (LAROS)	L	
	10 513 (LAROS)	L <sub>s</sub>	
ČSN 41 0300 ČSN 42 5538	10 300	A-II <sup>4)</sup> R 30	



ČSN 41 0401 ČSN 42 5539	10 400 10 400 A	R 40 As-III <sup>4)</sup>	
	10 401 10 400 B	R 40 A-III <sup>4)</sup>	
ČSN 41 0402	10 402	Tor 40 RK 40	
ČSN 41 1373 ČSN 42 5510	11 373	EZ <sup>3)</sup>	
ČSN 41 0245 ČSN 42 5529	10 245	K	
ČSN 41 0335 ČSN 42 5533	10 335	J	
ČSN 41 0338 ČSN 42 5534	10 338	T A-II <sup>3)</sup>	
ČSN 41 0302 ČSN 42 6560	10 302	B II Tor 30	
ČSN 41 0425 ČSN 42 5535	10 425	V A-III <sup>3)</sup>	
ČSN 42 5535 <sup>1)</sup>	10 426	W A-III <sup>3)</sup>	
ČSN 41 0505 ČSN 42 5538	10 505	R	

1) ČSN 73 2001:1972

2) ČSN 1510:1948

3) Metodické pokyny pro užívání vyztužených ocelí v betonových konstrukcích navrhovaných podle ČSN 73 1201:1967, VUPS Praha, 1970

4) Věštník Ministerstva výstavby, částka 23/1962

### 3.1.3 Vlastnosti předpínací výztuže

Vlastnosti předpínací výztuže se určí podle dokumentace skutečného provedení (popř. z protokolu o napínání) a předpisů v době výstavby nebo na základě zkoušek vzorků výztuže. Pro hodnocení konstrukce je důležité stanovit sílu v předpínací výztuži a následně ověřit zainjektování kabelových kanálů. U starších předepjatých konstrukcí totiž bývá velmi častým problémem právě nedostatečné zainjektování kabelových kanálků, což má za následek vznik koroze předpínací výztuže. [5]



**Obr. 3.6:** Multilanový předpínací systém [33]

## 4. DIAGNOSTICKÉ METODY STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ

K diagnostice železobetonových konstrukcí je důležité přistupovat individuálně, jelikož v průběhu životnosti konstrukce je stavba vystavena různým vnějším vlivům. Obecný postup u těchto konstrukcí je zaměřen pouze na jejich určité vlastnosti.

Diagnostika konstrukce je nutná většinou v těchto případech, kdy:

- u nové konstrukce vznikly pochybnosti o kvalitě betonu či krytí výztuže;
- u starší konstrukce se objevily staticky závažné poruchy (např. trhliny) a vznikla pochybnost o její bezpečnosti;
- u starší konstrukce je připravována rekonstrukce, přestavba či nadstavba;
- je diagnostika předepsána v projektové dokumentaci po určité době od výstavby. [5]

Podle stupně poškození zkoumaného místa dělíme diagnostické metody na 3 základní typy metod:

- A. NEDESTRUKTIVNÍ
- B. SEMIDESTRUKTIVNÍ
- C. DESTRUKTIVNÍ

**Nedestruktivní** metody se vyznačují především tím, že nevyžadují výrazné porušení vzorku. Výhodou těchto měření je rychlost provedení zkoušek, případně opakovatelnost měření na stejném vzorku. U nedestruktivních metod se měří jiné fyzikální vlastnosti než u metod destruktivních, a proto je důležité nalézt korelační vztah mezi těmito veličinami (např. tvrdost/pevnost betonu, hloubka navrtání/pevnost cihelného zdiva). Do této skupiny řadíme metody tvrdoměrné, elektromagnetické, ultrazvukové a radiační.

**Semidestruktivní** metody částečně poškozují danou konstrukci, kdy při odběru vzorků dochází k lokálnímu poškození, přičemž v žádném případě nesmí být ovlivňována bezpečnost, stabilita a funkčnost objektu. Do této skupiny řadíme odtrhové zkoušky, jádrové vývrty a trvanlivostní zkoušky.

**Destruktivní** zkoušky se provádí do úplného zničení zkušebního tělesa či dílce v laboratořích pro zjištění nebo ověření hledaných vlastností. Těmito zkouškami se většinou zjišťuje tahová a tlaková pevnost, statický modul pružnosti, objemová hmotnost betonu v konstrukci, vlhkost či pórovitost. [60]

**Tab. 4.1:** *Výhody a nevýhody nedestruktivních a destruktivních metod [61]*

	Nedestruktivní metody		Destruktivní metody
+	nepoškození konstrukci	-	poškození konstrukci
+	velký počet zkušebních míst	-	menší počet zkušebních míst
+	finančně méně náročnější	-	relativně dražší
-	méně přesné	+	větší přesnost
-	větší pravděpodobnost vzniku chyb	+	možnost nahlédnutí dovnitř konstrukce

## 4.1 Diagnostické metody pro zkoušení betonu

Z hlediska diagnostiky a hodnocení existující konstrukce je rozhodujícím faktorem stav a kvalita betonu. Nejdůležitějším parametrem z hlediska únosnosti je bezesporu pevnost v tlaku, nicméně je důležité se také zabývat dalšími vlastnostmi, jako jsou:

- stejnorodost betonu;
- stanovení přídržnosti;
- karbonatace<sup>1</sup> betonu;
- objemová hmotnost betonu;
- modul pružnosti betonu;
- chemický rozbor betonu;
- mrazuvzdornost, vodotěsnost a odolnost pro CHRL<sup>2</sup> [5]

<sup>1</sup> Karbonatace – chemický proces, jehož důsledkem je koroze ocelové výztuže.

<sup>2</sup> CHRL – chemické rozmrazovací látky používané zejména k ošetřování konstrukcí v zimním období



#### 4.1.1 Tvrdoměrné metody pro zkoušení betonu

Tvrdoměrné metody patří k nejpoužívanějším nedestruktivním metodám ve stavebnictví. Tento postup je poměrně jednoduchý, kdy se na základě zjištěného ukazatele tvrdosti stanoví hodnota krychelné pevnosti v tlaku betonu. Pro betonové konstrukce se nejčastěji používá Schmidtův tvrdoměr od firmy Proceq, který se sestává z beranu s pružinou. Následně po uvolnění pružiny dochází k vymrštění beranu na ocelový razník.

V závislosti na různých druzích betonů a různě velkých prvků, existuje několik typů a velikostí tvrdoměrů. Tyto tvrdoměry se liší v energii provedeného rázu, velikostí i konstrukcí a používají se pouze pro pevnostní třídy a druhy materiálu, pro který je daný tvrdoměr určen. Zkouší se vlastnosti betonu, jako je např. tvrdost, pružnost, lokální porušení, o kterých se předpokládá, že jsou v těsném korelačním vztahu ke sledované vlastnosti, např. pevnosti v tlaku nebo modulu pružnosti. [6]

Jak již bylo zmíněno, tato metoda se používá pro odhad pevnosti betonu v tlaku, přičemž pouhým určením pevnosti betonu Schmidtovým tvrdoměrem je nedostačující, jelikož může vést k zásadním omylům. Pro vyhodnocení pevnosti je rozhodně nejvhodnější kombinace jádrových vývrtů a tvrdoměrných zkoušek s kalibračním vztahem pro upřesnění hodnot.

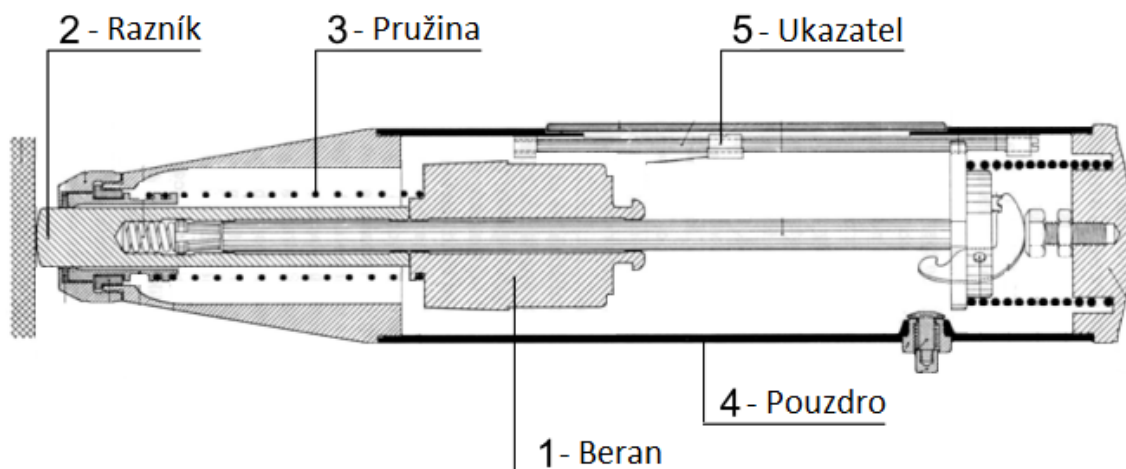
Podle ČSN 73 1373 [73] se jedná o tyto typy přístrojů:

##### A) ODRAZOVÉ METODY (tvrdoměry Schmidt)

Měřenou veličinou je velikost odrazu od povrchu betonu.

- **Schmidt typu N, NR, N digi** – pro běžné typy betonových prvků 20 – 60 MPa;
- **Schmidt typu L, LR** – pro tenkostěnné prvky (od 6 cm);
- **Schmidt typu M** – pro masivní konstrukce (min. 20 cm);
- **Schmidt typu P** – polokruhový, nízké pevnosti 5 – 30 MPa;
- **Schmidt typu PT** – pórobetony 0,5 – 5 MPa;
- *na cihly*: **Schmidt LB** – jako L, ale jiný razník;
- *na malty*: **Schmidt PM** – jako P, ale jiný razník.

Mezi novinky ze skupiny odrazových tvrdoměrů je modernější variantou kladívka originál Schmidt N, tvrdoměrné zkušební kladívko Silver Schmidt, u kterého se odečítání zobrazuje přímo na displeji a může tak dojít k automatickému převedení na pevnost v tlaku. [3]



Obr. 4.1: Schéma odrazového tvrdoměru Schmidt N [3]



Obr. 4.2: Různé typy Schmidtových tvrdoměrů – 1 (Silver Schmidt), 2 (Schmidt N), 3 (Schmidt NR), 4 (Schmidt N digi) [35]

### Postup provedení tvrdoměrné zkoušky pomocí odrazových tvrdoměrů

Postup zkoušky tvrdosti betonu se provádí podle normy ČSN EN 12504-2 [83], která je vhodná zejména pro posouzení stejnorodosti betonu, k odhalení porušených míst nebo míst s nižší kvalitou betonu.

Zkušební místo by se nemělo volit nad ocelovou výztuží. Betonový prvek musí mít tloušťku minimálně 100 mm a zároveň musí být spojen s konstrukcí. Při provedení zkoušky na menších zkušebních tělesech odebraných z konstrukcí, musí být těleso pevně podepřeno. Před samotným měřením je nutné povrch nejprve upravit vybroušením, přičemž zkušební plocha musí být přibližně 300 mm x 300 mm s hladkým a suchým povrchem.

Před každým čtením se nejprve musí tvrdoměr nejméně třikrát aktivovat lehkým přitlačením pouzdra k betonu, kdy se aretace uvolní a pouzdro se odsune od betonu. Poté se tvrdoměr musí ověřit na kalibrační kovadlině, zda pracuje dle rozsahu doporučeného výrobcem a pokud tomu tak není, je potřeba ho vyčistit a seřídít. Následně při zatlačení razníku a uvolnění závěsu, beran dopadne na razník, poté se odrazí a dochází k posunu ukazatele na měřítku do místa, které je hodnotou velikosti odrazu. Pro získání spolehlivého odhadu tvrdosti se provede **nejméně devět čtení**, při kterém je důležité si zaznamenat polohu a směr působení tvrdoměru pro každé čtení (vodorovně, svisle nahoru, svisle dolů).



**Obr. 4.3:** Zkoušení betonu tvrdoměrnou metodou – Schmidt N [36]

Minimální vzdálenost zkušebních bodů je 25 mm od sebe a 25 mm od hrany konstrukce nebo prvku. Po provedení zkoušky se tvrdoměr opět ověří na kalibrační kovadlině a výsledek se následně porovná se čtením před zkouškou. Pokud se hodnoty budou lišit, je nutné tvrdoměr vyčistit, anebo seřídít a poté zkoušku znovu opakovat. [3]

V současné době existují dva odlišné postupy, které jsou stále platné pro vyhodnocení pevnosti na základě měření odrazového tvrdoměru, a to dle norem ČSN 73 1373 [73] a ČSN EN 12504-2 [83].

### Vyhodnocení výsledků dle ČSN 73 1373 [73]

Pro vyhodnocení zkušebního místa je nezbytné provést minimálně **7 platných měření**. Ke každé hodnotě měření se odečte hodnota pevnosti v tlaku podle kalibračního vztahu vytvořeného pro konkrétní druh betonu, anebo podle obecného kalibračního vztahu, který je uveden v normě ČSN 73 1373 [73]. Hodnota pevností jednotlivých platných měření se nesmí lišit od spočítané průměrné pevnosti o více než  $\pm 20\%$ , jinak se pevnosti vybočující z mezních podmínek vyloučí a ze zbývajících alespoň sedmi platných měření se vypočte nový aritmetický průměr.

Při použití obecného kalibračního vztahu získáme ve výsledku pevnost s nezaručenou přesností, kterou lze upřesnit pomocí součinitele  $\alpha$ . Tento součinitel udává poměr pevností zjištěnou na zkušebních tělesech z jádrových vývrtů s pevností s nezaručenou přesností získanou pomocí nedestruktivní zkoušky.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{bi}}{\sum_{i=1}^n f_{bei}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_b (\text{destruktivní})}{\sum_{i=1}^n f_b (\text{nedestruktivní})} [-] \quad (4.1)$$

kde  $n$ .....počet měření [-];  
 $f_{bi}$ .....pevnost betonu v tlaku  $i$ -tého zkušební vzorku stanovená normalizovanou zkouškou [MPa];  
 $f_{bei}$ .....pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností na témže zkušebním vzorku stanovená nedestruktivně [MPa].

Poté se upřesněná hodnota pevnosti betonu v tlaku stanoví vynásobením průměrné pevnosti betonu v tlaku s nezaručenou přesností součinitelem  $\alpha$ .

$$f_b = \alpha \cdot f_{be} [\text{MPa}] \quad (4.2)$$

kde  $\alpha$ .....součinitel pro upřesnění pevnosti s nezaručenou přesností [-];  
 $f_{be}$ .....pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností z obecného kalibračního vztahu [MPa].

Pokud je zkoušený beton starší než 56 dnů nebo je jiný než přirozeně vlhký, pak se musí odvozená hodnota pevnosti v tlaku vynásobit součinitelem stáří  $\alpha_t$  a součinitelem vlhkosti  $\alpha_w$ , které jsou uvedeny v Tab. 4.2. Tyto součinitele není nutné uvažovat v případě, že bylo provedeno upřesnění podle součinitele  $\alpha$ , jelikož jsou již v součiniteli  $\alpha$  zahrnuty. [7]

**Tab. 4.2:** Součinitele stáří  $\alpha_t$  a součinitele vlhkosti  $\alpha_w$  [7]

Stáří betonu	Součinitel stáří $\alpha_t$ [-]	Stav betonu	Součinitel vlhkosti $\alpha_w$ [-]
57 - 180 dnů	$\alpha_t = 0,95$	suchý beton	$\alpha_w = 0,85$
181 - 360 dnů	$\alpha_t = 0,93$	přirozeně vlhký a vlhký beton	$\alpha_w = 1,00$
více než 360 dnů	$\alpha_t = 0,90$	beton nasycený vodou	$\alpha_w = 1,05$

## Vyhodnocení výsledků dle ČSN EN 12504-2 [83]

Tato norma vyžaduje pro získání spolehlivého odhadu tvrdosti na každé zkušební ploše provedení nejméně **devíti čtení**. Poté se vypočítá střední hodnota ze všech čtení, která se vyjádří jako celé číslo, přičemž podmínkou je, že se platná měření musí nacházet v intervalu vzdálenosti  $\pm 6$  jednotek od vypočítané střední hodnoty. Jestliže je více, než 20% všech čtení mimo tento interval, pak musí být celá sada měření zamítnuta. Tímto způsobem se získá hodnota tvrdosti povrchu vzorku, kterou lze dále pomocí křivek uvedených v normě ČSN EN 13791 [84] převést na pevnost betonu.



## Porovnání norem ČSN 73 1373 [73] a ČSN EN 12504-2 [83]

Norma ČSN 73 1373 [73] měla být zrušena krátce po vydání normy ČSN EN 12504-2 [83] v roce 2002. Místo toho, ale byla v roce 2011 vydaná znovu bez rozporu s ČSN EN 12504-2 [83].

Výhoda normy ČSN 73 1373:2011 [73] oproti ČSN EN 12504-2 [83] spočívá v lepším postupu umožňující získat upřesněnou pevnost betonu v tlaku. Hlavní nevýhodou je, že nové vydání kopíruje určitá stanovení starších vydání bez ohledu na moderní technologie výroby betonu.

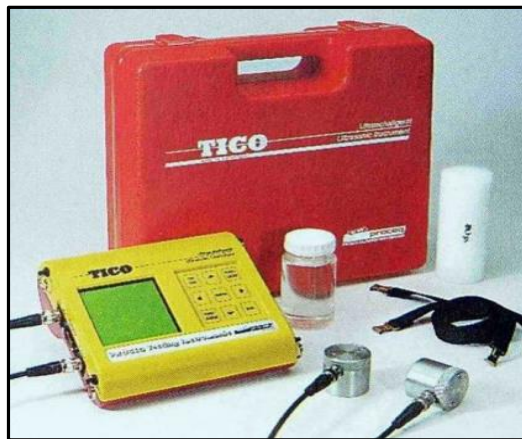
### B) VNIKACÍ METODY (špičákové tvrdoměry)

Tyto metody spočívají ve vniknutí tvrdého tělesa do měkčího materiálu, např. betonu, malty či dřeva, opakovanými rázy. Měří se hloubka vniku špičáku zaraženého předepsaným počtem úderů nebo přímo počet úderů potřebného na vnik špičáku do předepsané hloubky.

- **Vnikací špičákový tvrdoměr** – elektromagnetický s kuželovitým hrotem, který lze použít na beton nasycený vodou

#### 4.1.2 Ultrazvuková impulsní metoda

Jedná se o nedestruktivní metodu, která se používá k ověření vlastností betonu, k vyhledání porušených míst nebo konstrukčních částí. Tato metoda je založena na měření doby průchodu ultrazvukových impulsů materiálem a stanovení rychlosti šíření těchto impulsů, kdy rychlost průchodu je ovlivněna fyzikálně mechanickými vlastnostmi a přítomností poruch v dané konstrukci. Pro tento typ měření se nejčastěji používané ultrazvukové přístroje nazývají PUNDIT a TICO.

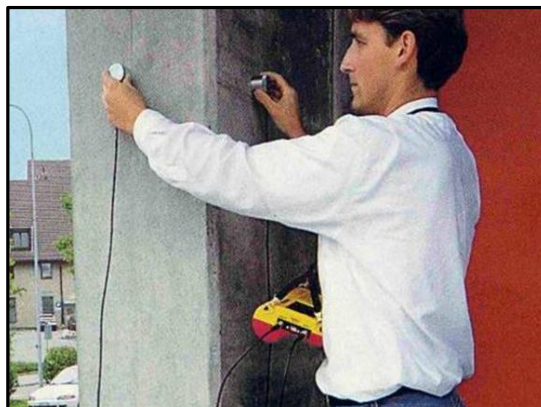


Obr. 4.4: Ultrazvukový měřicí přístroj TICO [3]

Ve stavebnictví se běžně používá ultrazvukové vlnění v rozmezí od **20 kHz** do **150 kHz**. Obecně platí, že sondy s vyšší frekvencí disponují lepší rozlišovací schopností i přesností ultrazvukového měření, ale na druhou stranu nejsou vhodné pro delší měřicí základny, jelikož dochází k výraznějšímu útlumu ultrazvukového vlnění. Výhodou této metody je, že se jedná o čistě nedestruktivní metodu se snadným provedením zkoušky a s vlněním, které je schopné se šířit i přes relativně silnou vrstvu materiálu.

Ultrazvuková metoda umožňuje stanovit stejnorodost betonu, dynamický modul pružnosti, porušení vnitřní struktury a s určitým omezením i pevnost betonu v tlaku. Rychlost šíření je různá pro různé materiály a mění se s jejich vlastnostmi, např. u kvalitního betonu je rychlost šíření ultrazvukových vln vyšší než u méně kvalitních betonů, které jsou ovlivněny různými poruchami či nekvalitním kamenivem.

Pomocí ultrazvuku se používají dva hlavní způsoby vyšetřování vlastností konstrukce či materiálu. Jedná se o **stanovení rychlostí šíření** ultrazvukového impulsu zkoumaným prostředím, který vypovídá jak o fyzikálně mechanických vlastnostech materiálu, tak o případných defektech. Druhým způsobem je **metoda odrazová**, která zachycuje odraz ultrazvukového signálu od nehomogenity či defektu v konstrukci. [3] [5]

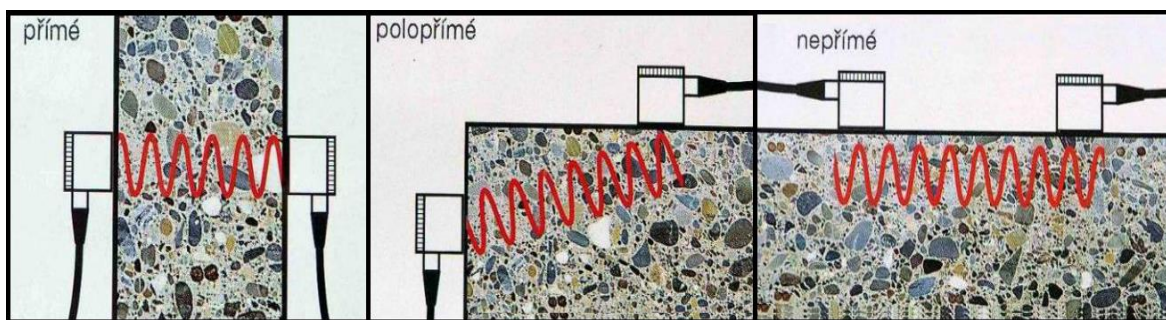


Obr. 4.5: Měření přístrojem TICO [61]

### Stanovení rychlostí šíření ultrazvukového impulsu

Nejčastějším způsobem je měření pomocí dvou sond, z nichž jedna se chová jako **budič** ultrazvukového signálu a druhá jako **snímač**, přičemž existují tři způsoby prozvučení konstrukce – přímo, nepřímo a polopřímo viz Obr. 4.6.

Nejprve se provede vytyčení měřicí základny, poté se pomocí akustického vazebného prostředku (gelu či plastelíny) přístroj kalibruje. Kalibrace se provádí na etalonu, na kterém se změří doba průchodu ultrazvuku etalonem  $t_{ME}$  v  $[\mu s]$  a odečtením známé časové charakteristiky na etalonu  $t_E$  v  $[\mu s]$  se vypočítá tzv. mrtvý čas<sup>3</sup>  $t_{KOR}$ , který slouží pro určení výsledného času. Poté se provedou jednotlivá měření doby průchodu ultrazvukových vln materiálem  $t_L$ , od kterých se následně mrtvý čas odečte. [10] [61]



Obr. 4.6: Způsoby prozvučování konstrukce [5]

<sup>3</sup> Mrtvý čas – určitá doba průchodu ultrazvukem i akusticky vazebným prostředkem a konstrukcí sondy.

➤ stanovení mrtvého času  $t_{KOR}$ :

$$t_{KOR} = t_{ME} - t_E \quad [\mu s] \quad (4.3)$$

kde  $t_{ME}$ .....doba průchodu etalonem [ $\mu s$ ];  
 $t_E$ .....známá časová charakteristika etalonu [ $\mu s$ ].

➤ stanovení korigované doby průchodu  $t_i$ :

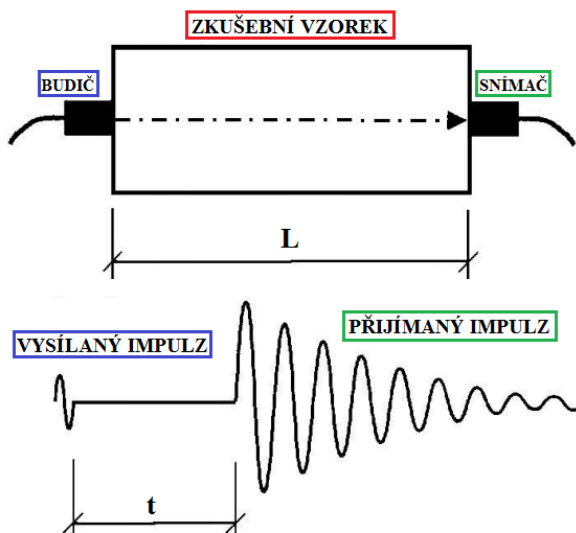
$$t_i = t_L - t_{KOR} \quad [\mu s] \quad (4.4)$$

kde  $t_L$ .....doba průchodu ultrazvukových vln materiálem [ $\mu s$ ];  
 $t_{KOR}$ .....mrtvý čas [ $\mu s$ ].

➤ vyhodnocení rychlosti šíření ultrazvukových impulsů  $v_L$ :

$$v_L = \frac{L}{t_L - t_{KOR}} \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (4.5)$$

kde  $L$ .....délka měřicí základny [m];  
 $t_L$ .....doba průchodu měřená přístrojem [s];  
 $t_{KOR}$ .....mrtvý čas [ $\mu s$ ].



**Obr. 4.7:** Měření doby průchodu UZ impulsu zkoušeným vzorkem [11]

➤ stanovení dynamického modulu pružnosti v tahu a tlaku  $E_{bu}$ :

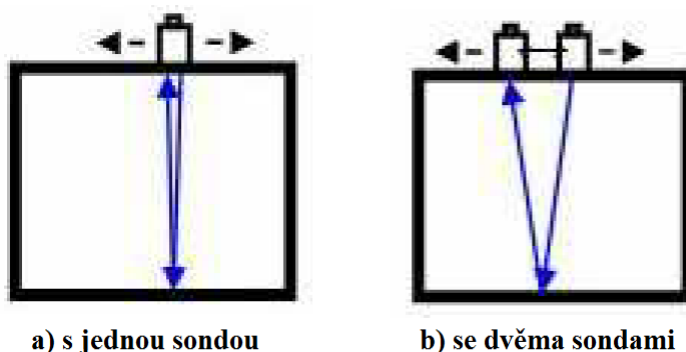
$$E_{bu} = \rho \cdot v_L^2 \cdot \frac{1}{k_r} \cdot 10^{-6} \quad [MPa] \quad (4.6)$$

kde  $\rho$ .....objemová hmotnost materiálu, v [ $kg/m^3$ ];  
 $v_L$ .....rychlost šíření ultrazvuku, v [ $m \cdot s^{-1}$ ];  
 $k_r$ .....koeficient rozměrnosti prostředí [-].

## Odrazová metoda

Tato metoda se používá, pokud je konstrukce přístupná pouze z jedné strany. Umožňuje odhalit defekty, nehomogenity, případně cizorodá tělesa po celé výšce konstrukce pomocí odrazu ultrazvukového impulsu.

Existují dva způsoby provedení, s jednou sondou režimu vysílač – přijímač a se dvěma sondami, kdy jedna funguje jako vysílač a druhá jako přijímač ultrazvukového signálu viz *Obr. 18.* [5]



**Obr. 4.8:** Odrazová metoda s jednou a dvěma sondami [5]

### 4.1.3 Stejnorodost betonu

Stejnorodost betonu konstrukce je charakteristika betonu, při které jsou rozdíly sledované vlastnosti tak malé, že se dají vyjádřit jednou průměrnou hodnotou. Pro statistické hodnocení stejnorodosti betonu se používají některé z níže uvedených vlastností:

- pevnost betonu v tlaku (nedestruktivně nebo na vývrtech);
- pevnost betonu v tahu;
- rychlost šíření impulsů ultrazvukového vlnění;
- objemová hmotnost.

Zkouška se provádí na rovnoměrně rozložených zkušebních místech na povrchu konstrukce, přičemž **minimální počet zkušebních míst je 16**. Dále je určený buď velikostí plochy, nebo objemem konstrukce. Na povrchu konstrukce nesmí být viditelné vady a poruchy. Pokud je beton vrstevnatý, lze stejnorodost hodnotit pouze při určení tloušťky každé vrstvy.

Beton konstrukce se považuje za stejnorodý, jestliže hodnota variačního součinitele  $V_x$  a hodnota rozdílu „ $\Delta$ “ vlastností zjištěných na zkušebních tělesech ležících v blízkosti měřeného bodu, nejsou větší než hodnoty uvedené v *Tab. 4.3*. V opačném případě se jedná o beton nestejnorodý. [3] [5]



**Tab. 4.3:** Hodnoty variačního součinitele  $V_x$  a rozdílu hodnot  $\Delta$  pro určení stejnorodosti betonu [5]

Zkoušená vlastnost	Statistické hodnocení	Třída betonu			
		(B12,5) C 8/10	(B20) C 16/20	(B30) C 25/30	(B35 až B60) C 30/37
Pevnost v tlaku	$V_x$ [%]	16	16	14	12
	$\Delta$ [%]	30	30	30	30
Pevnost v tahu	$V_x$ [%]	22	20	18	16
	$\Delta$ [%]	40	40	40	40
Rychlost šíření podél ultrazvukových vln	$V_x$ [%]	4	4	3,5	3
	$\Delta$ [%]	7,5	7,5	7,5	7,5
Objemová hmotnost	$V_x$ [%]	2,5	2,5	2,5	2,5
	$\Delta$ [%]	4	4	4	4

➤ stanovení variačního součinitele  $V_x$ :

$$V_x = \frac{s_x}{m_x} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (4.7)$$

kde  $s_x$ .....výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot (např. pevnosti v tlaku) [MPa];

$m_x$ .....průměrná hodnota materiálové vlastnosti (např. pevnosti v tlaku) [MPa].

➤ stanovení rozdílu mezi sousedními místy  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{x_{i+1} - x_i}{x_i} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (4.8)$$

kde  $x_i, x_{i+1}$ .....hodnoty měřené veličiny (např. rychlosti šíření) na sousedních místech [ $\text{ms}^{-1}$ ].

#### 4.1.4 Odtrhové zkoušky

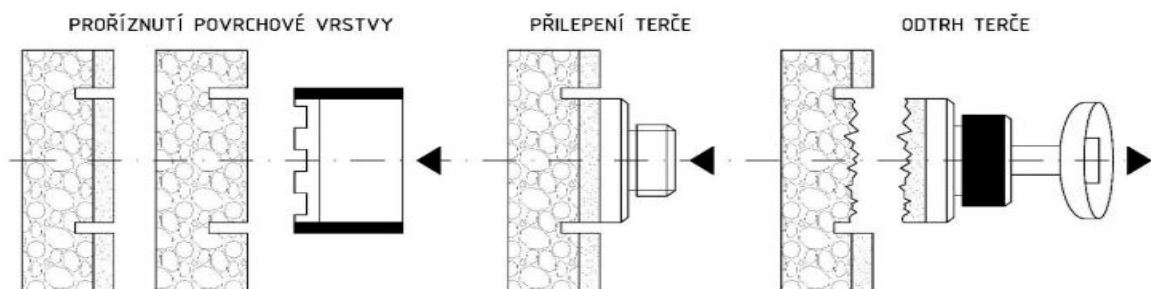
Odtrhové zkoušky patří do skupiny semidestruktivních diagnostických metod a slouží ke stanovení přídržnosti povrchových vrstev nebo zjištění tahové pevnosti povrchových i podpovrchových vrstev betonu.

Provedení spočívá nejprve v proříznutí povrchové vrstvy vrtačkou s jádrovým vrtákem o průměru zkušebního terče. Poté se povrch očistí a na něj se přilepí zkušební tyč, která musí být vycentrována a celoplošně přilepena, přičemž lepidlo nesmí vniknout do spáry návrtu a tam následně vytvrdnout. Při definované rovnoměrné rychlosti nárůstu napětí se získá nejvyšší tahová síla potřebná pro odtrhnutí zkušebního terče.



**Obř. 4.9:** Provedení odtrhové zkoušky v praxi přístrojem DYNA pro měření soudržnosti [38]

Při provedení odtrhové zkoušky se lze snadno dopustit častých chyb, mezi které patří např. použití nevhodného lepidla, nedostatečné vytvrdnutí lepidla nebo špatné vycentrování terče, kdy tahová síla nepůsobí kolmo na rovinu terče, dále malý počet provedených měření nebo nedodržení rovnoměrného zvyšování zatěžovací síly. [37]



**Obr. 4.10:** Schéma provedení odtrhové zkoušky [37]

➤ stanovení pevnosti betonu v tahu  $f_t$ :

$$f_t = \frac{F}{A_c} \quad [\text{MPa}] \quad (4.9)$$

kde  $F$ .....maximální síla vyvozená při porušení [kN];

$A_c$ .....průřezová plocha tělesa vzdorující tlakovému namáhání [mm<sup>2</sup>].

#### 4.1.5 Jádrové vývrty

Jádrové vývrty patří do skupiny semidestruktivních metod a slouží především k upřesnění a zároveň doplnění získaných hodnot ze zkoušek nedestruktivních. Tento postup zkoušky vždy představuje výrazný zásah do konstrukce, při kterém dochází k lokálnímu porušení konstrukce. Před provedením samotného vývrtu je nezbytné zvážit účet zkoušení a hodnocení výsledných údajů.



**Obr. 4.11:** Provedení jádrového vývrtu pomocí vrtáčky se speciálními dutými válci [39]

Vývrty jakožto válcová zkušební tělesa bývají odebrány z konstrukce pomocí vrtáčky se speciálními dutými válci, opatřenými na spodní straně vrtáku diamantovými břity. Vrtáčka je držena v držáku a uchopena na konstrukci s možností svislého, vodorovného, popř. šikmého vrtání. Vývrty by měly být odebrány z míst největšího tlakového namáhání, z míst s minimálním výskytem výztuže a s dostatečnou vzdáleností od spár a hran betonových prvků. Jejich množství závisí na velikosti a členitosti zkoumané konstrukce. Průměr vývrtu by měl být co nejmenší, abychom minimalizovali zásah do konstrukce a zároveň

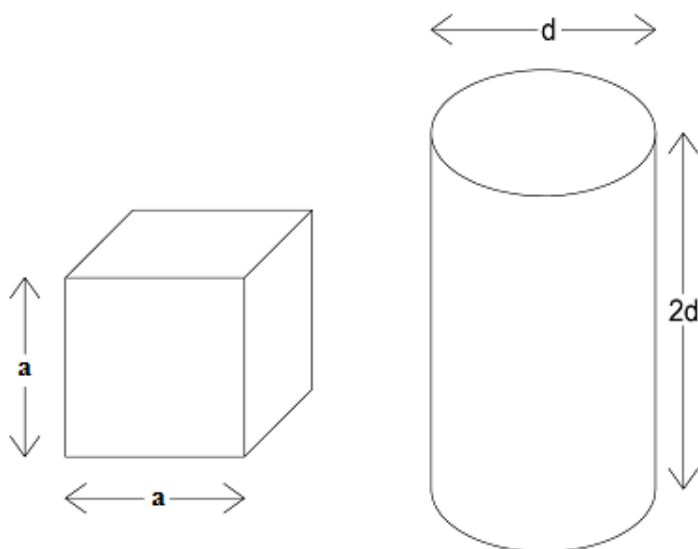
co nejméně ovlivnili jeho statické působení, ale na druhou stranu by měl být dostatečně velký kvůli struktuře betonu. Pro kontrolu pevnosti staviva v tlaku slouží jádrové vývrty o průměru 50, 75, 100 a 150 mm. Pro přesnější určení pevnosti **nesmí být maximální velikost zrna kameniva větší než 1/3 průměru vývrty**, jelikož pak zjištěná pevnost může být výrazně ovlivněna.



**Obr. 4.12:** Jádrový vývrt odebraný z konstrukce [Zdroj: měření Napajedla 2016]

Po odebrání se na získané vývrty ihned po ukončení vrtání označí typ vrtaného prvku, umístění a orientace vrtu. Poté jsou vývrty pečlivě vyšetřeny a upraveny zabroušením či koncováním, a nakonec po zvážení se provede tlaková zkouška v lisu normovým postupem.

Pro porovnání válcové pevnosti by mělo mít zkušební těleso poměr výšky k průměru 2:1, přičemž pro porovnání krychlené pevnosti by měl být poměr rozměrů tělesa 1:1. Problematikou vývrtů ze ztvrdlého betonu se zabývá norma ČSN EN 12504-1 [82] a ČSN 73 6172 [75]. [40] [59]



**Obr. 4.13:** Normové tvary těles dle ČSN EN 12390-1 [59]

**Tab. 4.4:** Normové rozměry těles dle ČSN EN 12390-1 [59]

Rozměr kvádru <b>a</b> [mm]					
100	150	200	250	300	
Rozměr válce <b>d</b> [mm]					
100	113 <sup>1)</sup>	150	200	250	300
<sup>1)</sup> Tého hodnotě odpovídá zatěžovaná plocha 10 000 mm <sup>2</sup>					

➤ stanovení pevnosti betonu v tlaku  $f_c$ :

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad [\text{MPa}] \quad (4.10)$$

kde  $F$ .....maximální síla vyvozená při porušení [kN];

$A_c$ .....průřezová plocha tělesa vzdorující tlakovému namáhání [mm<sup>2</sup>].

Získaný výsledek se zaokrouhlí na nejbližší 0,5 MPa.

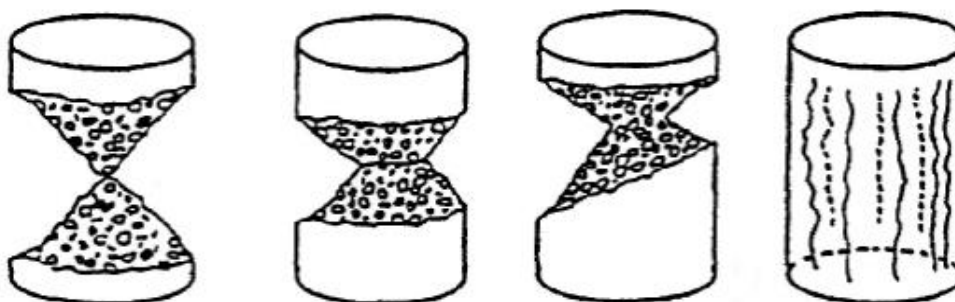
Při provedení zkoušky v lise je důležité kontrolovat plochy zkušebních těles, na kterých dochází k porušení – viz *Obr. 4.15*. Jestliže porušené těleso neodpovídá požadavkům dle normy ČSN 12390-3 [80], je nutné výsledek zkoušky vyřadit.



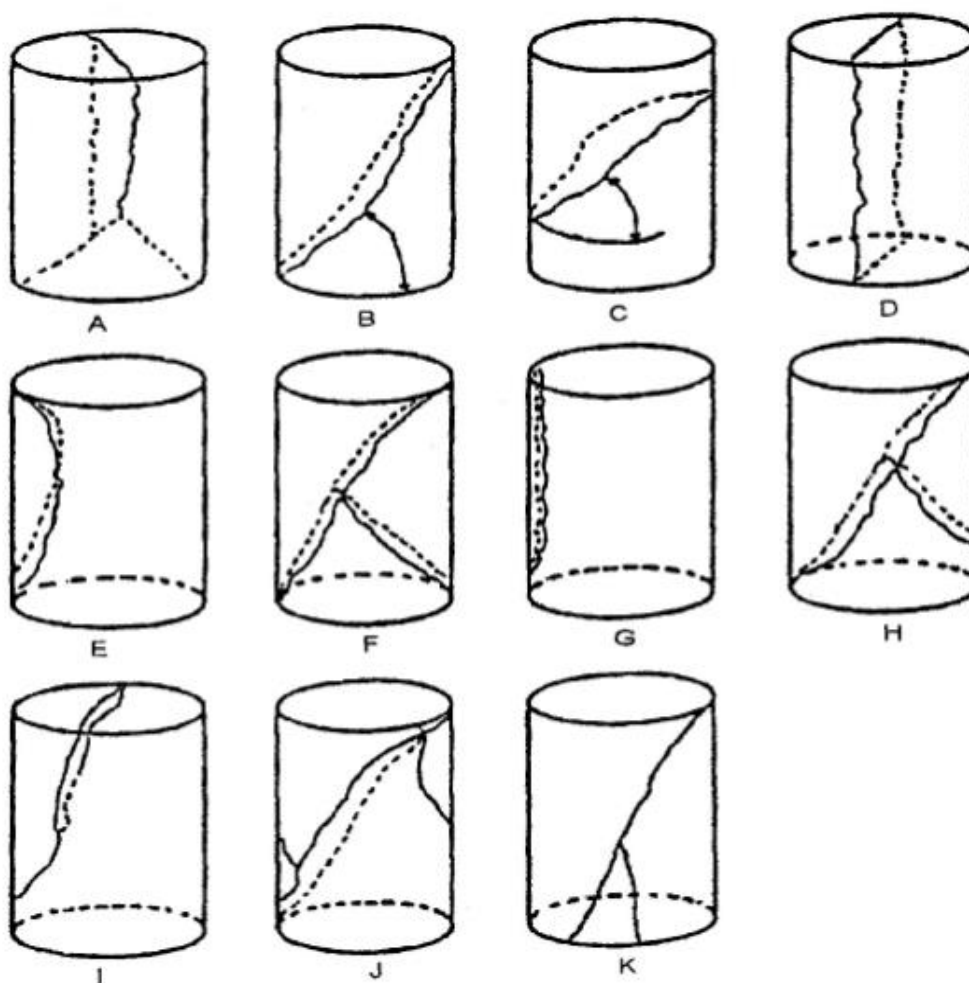
**Obr. 4.14:** Správné porušení vzorku po provedení zkoušky v lise [21]



**Vyhovující způsoby porušení zkušebních válců**



**Některé nevyhovující způsoby zkušebních válců**



Obr. 4.15: Přípustné a nepřípustné způsoby porušení válců dle ČSN EN 12390-3 [80]

### Přepočet pevnosti v tlaku na tělesech jiných než normových rozměrů

Velmi častým problémem je neschopnost odebrat vývrt z konstrukce v normových rozměrech, kdy norma předpokládá válcové zkušební těleso o průměru podstavy 150 mm a výšce 300 mm. Pro přepočet získaných pevností v tlaku se uvádí norma ČSN 73 1317 [68]. [59]

➤ stanovení pevnosti betonu v tlaku na válcích  $f_{c,cyl}$ :

$$f_{c,cyl} = \kappa_{c,cy} \cdot \kappa_{cy,d} \cdot \frac{F}{A_c} \quad [\text{MPa}] \quad (4.11)$$

kde  $F$ .....maximální síla dosažená při porušení [kN];

$A_c$ .....průřezová plocha tělesa vzdorující tlakovému namáhání [mm<sup>2</sup>];

$\kappa_{c,cy}$ .....opravný součinitel pro štíhlost válce  $1,0 < \lambda < 2,0$  [-];

$\kappa_{cy,d}$ .....opravný součinitel pro válce o průměru různém od 150 mm [-].

$$\kappa_{c,cy} = 0,80 + \sqrt{\frac{\lambda - 0,933}{26,667}} \quad [-] \quad (4.12)$$

**Tab. 4.5:** Hodnoty součinitelů štíhlosti  $\kappa_{c,cy}$  [40]

Štíhlost $\lambda$ [-]	Hodnoty součinitelů pro štíhlosti $\kappa_{c,cy}$ [-]
2,00	1,00
1,50	0,95
1,30	0,92
1,10	0,88
1,00	0,85

**Tab. 4.6:** Hodnoty součinitelů průměru  $\kappa_{cy,d}$  [40]

Průměr válce $d$ [mm]	Hodnoty součinitelů pro průměr válce různý od 150 mm $\kappa_{cy,d}$ [-]
150	1,00
100	0,95
50	0,91

➤ stanovení pevnosti betonu v tlaku na krychlích  $f_{c,cube}$ :

$$f_{c,cube} = \kappa_{cy,cu} \cdot f_{c,cyl} \quad [\text{MPa}] \quad (13)$$

kde  $\kappa_{cy,cu}$ .....převodní součinitel pro přepočet válcové pevnosti na krychelnou [-];

$f_{c,cyl}$ .....pevnost betonu v tlaku na válcích [MPa].

**Tab. 4.7:** Převodní součinitel při převodu pevnosti betonu zjištěné na válcích základních rozměrů na pevnost krychelnou [59]

$f_{c,cyl}$ [MPa]	4,0 až 25	25,1 až 35	35,1 až 50	50,1 až 60
$k_{cy,cu}$ [-]	1,25	1,20	1,15	1,10

### Stanovení charakteristické pevnosti betonu v konstrukci dle ČSN ISO 13822

Obecný postup pro stanovení charakteristické pevnosti materiálu se nachází v normě ČSN ISO 13822 [88] (73 0038 [67]). Tento postup obecně platí pro libovolný materiál, nejen pro beton. Pro určení charakteristické pevnosti betonu z jádrových vývrtů se doporučuje provést **nejméně 3 až 6 zkoušek**. K přesnějším výsledkům dosáhneme provedením většího počtu zkoušek, avšak na úkor vyšší náročnosti a nákladů, a kombinací metody destruktivní (odběr jádrových vývrtů) a nedestruktivní (např. metody tvrdoměrné nebo ultrazvukové).

Charakteristická hodnota vlastnosti materiálu  $X$  se stanoví z výsledků  $n$  zkoušek a následně se stanoví průměr hodnot  $m_x$ , směrodatná odchylka  $s_x$  a variační součinitel  $V_x$ .

$$m_x = \frac{\sum x_i}{n} \text{ [MPa]}; \quad s_x^2 = \frac{\sum (x_i - m_x)^2}{n-1} \text{ [MPa]}; \quad V_x = \frac{s_x}{m_x} \text{ [-]} \quad (4.14)$$

kde  $m_x$ .....průměr hodnot [MPa];  
 $n$ .....výsledky  $n$  zkoušek [-];  
 $x_i$ .....jednotlivé zkoušky [-];  
 $s_x$ .....směrodatná odchylka [MPa];  
 $V_x$ .....variační součinitel [-].

Pokud předpokládáme normální rozdělení materiálové vlastnosti  $X$ , pak se za pomoci součinitele  $k_n$  (uvedený v Tab. 4.8) pro stanovení 5% kvantilu vypočítá charakteristická hodnota  $X_k$  z následujícího vztahu: [34] [59] [64]

$$X_k = m_x(1 - k_n V_x) \text{ [MPa]}, \quad = m_x - m_x \cdot k_n \cdot V_x = m_x \cdot k_n \cdot \frac{s_x}{m_x} = m_x - k_n \cdot s_x \quad (4.15)$$

kde  $X_k$ .....charakteristická hodnota materiálové vlastnosti (dolní 5% kvantil) [MPa];  
 $m_x$ .....průměr hodnot [MPa];  
 $k_n$ .....součinitel pro stanovení 5% kvantilu [-];  
 $s_x$ .....směrodatná odchylka [MPa];  
 $V_x$ .....variační součinitel [-].

**Tab. 4.8:** Součinitele  $k_n$  pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty) [59]

Počet $n$	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$V_x$ známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
$V_x$ neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

### Vyhodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci podle ČSN EN 13791

Další varianta pro vyhodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci je podle ČSN EN 13791 [84], která platí od roku 2007. Tato norma vyžaduje ke stanovení charakteristické pevnosti betonu v konstrukci co největší počet vývrtů, přičemž z jednotlivého prvku to musí být alespoň 3 vývrty. Existují zde dvě varianty pro výpočet, a to dle kritéria A nebo B.

#### Kritérium A (pro nejméně 15 vývrtů)

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - 1,48s \text{ [MPa]} \qquad f_{ck,is} = f_{is,nejmenší} + 4 \text{ [MPa]} \quad (4.16)$$

Platí menší z obou výsledných hodnot, přičemž musí být ověřeno, že se jedná o normální rozdělení. Pokud se toto rozdělení neprokáže, musí se provést nové hodnocení.

#### Kritérium B (pro 3 až 14 vývrtů)

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k \text{ [MPa]} \qquad f_{ck,is} = f_{is,nejmenší} + 4 \text{ [MPa]} \quad (4.17)$$

Platí menší z obou výsledných hodnot. Doporučuje se odebrat více vývrtů, jestliže je výsledek značně na straně bezpečnosti.

kde  $f_{ck,is}$ ..... charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci [MPa];  
 $f_{m(n),is}$ ..... průměrná pevnost betonu v tlaku stanovená na  $n$  počtu vývrtů [MPa];  
 $f_{is,nejmenší}$ ..... nejmenší pevnost zjištěná na vývrtech [MPa];  
 $s$ ..... směrodatná odchylka pevností vývrtů ( $s \geq 2,0$  MPa) [MPa];  
 $k$ ..... krajní mez závislá na počtu vývrtů  $n$  podle Tab. 12 [-].

**Tab. 4.9:** Krajní mez  $k$  pro počet  $n$  vývrtů [59]

Počet $n$ [-]	$k$ [-]
10 až 14	5
7 až 9	6
3 až 6	7

Pro ČSN EN 13791 [84] je podstatné, že požaduje splnění pouze 85% charakteristické pevnosti betonu dané třídy v konstrukci ve srovnání s projektovanou pevností betonu. Hodnoty pro minimální charakteristickou pevnost betonu v tlaku v konstrukci  $f_{ck,is}$  jsou uvedeny v Tab. 4.10.

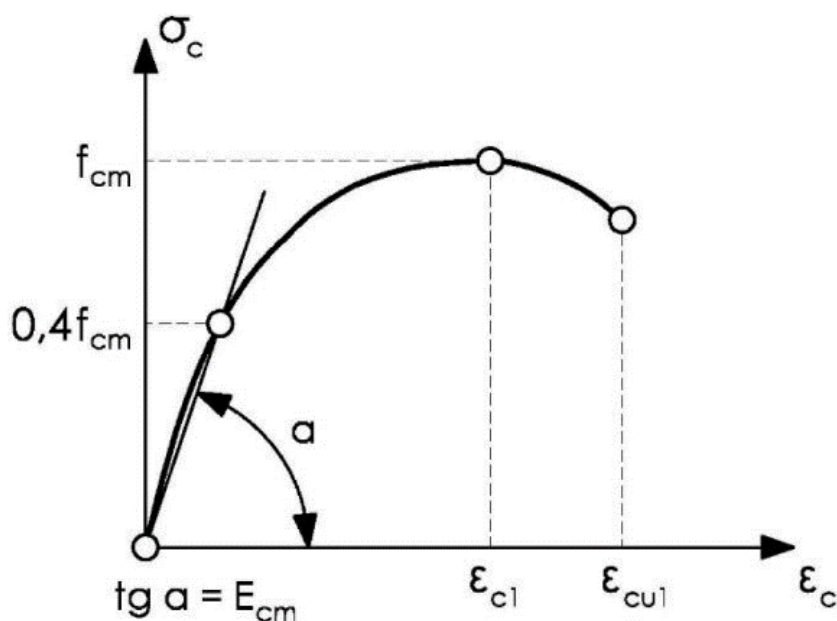


**Tab. 4.10:** Hodnoty pro minimální charakteristickou pevnost betonu v tlaku v konstrukci  $f_{ck, is}$  podle ČSN EN 13791 pro pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206-1 [59]

Pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206-1	Poměr charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci $f_{ck, is}$ k charakteristické pevnosti betonu v tlaku normových těles $f_{ck}$	Minimální charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci [N/mm <sup>2</sup> ]	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15	0,85	10	13
C16/20	0,85	14	17
C20/25	0,85	17	21
C25/30	0,85	21	26
C30/37	0,85	26	31
C35/45	0,85	30	38
C40/50	0,85	34	43
C45/55	0,85	38	47
C50/60	0,85	43	51

#### 4.1.6 Stanovení modulu pružnosti betonu

Modul pružnosti betonu  $E$  je jednou ze základních materiálových charakteristik každého betonu. Tato vlastnost popisuje schopnost betonu se chovat pod určitým zatížením do jisté míry pružně a určuje, do jaké míry se bude daný materiál pod zatížením deformovat. Vychází z Hookova zákona, který říká, že napětí je přímo úměrné poměrnému přetvoření a je vyjádřen jako poměr napětí  $\sigma$  k poměrně deformaci  $\varepsilon$  [12]:



**Obr. 4.16:** Schématické znázornění vztahu mezi napětím a přetvořením a poměrnými deformacemi dle ČSN EN 1992-1-1 [13]

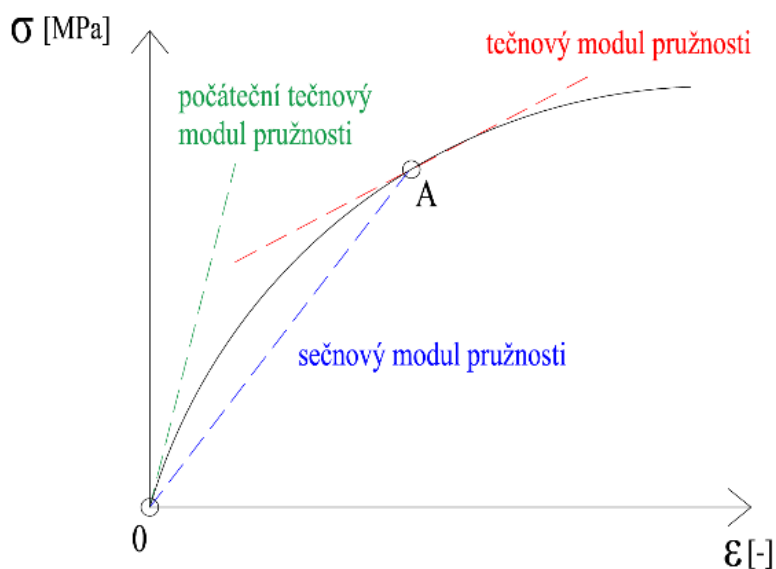
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ [MPa]} \quad (18)$$

kde  $E$ .....modul pružnosti [MPa];

$\sigma$ .....napětí [MPa];

$\varepsilon$ .....poměrné přetvoření [-].

Obecně platí, že čím větší je modul pružnosti, tím menší jsou deformační vlastnosti materiálu. Dle způsobu měření se dělí na statický a dynamický, a dle způsobů odečtení z pracovního diagramu na sečnový a tečnový. [41]



**Obr. 4.17:** Znáznornění vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením betonu a znázornění různých druhů modulu pružnosti [13]

## Statický modul pružnosti

Statický modul pružnosti lze stanovit ze zkoušky v tlaku dle norem ČSN ISO 1920-10 [89] a ČSN EN 12390-13 [81], nebo ze zkoušky v tahu ohybem dle normy ČSN 73 6174 [76]. Tato vlastnost se zjišťuje pomocí destruktivní metody, jelikož zkouška v tlaku se stanovuje zatěžováním zkušebních těles v lisu odebraných z konstrukce (válce o průměru 150 mm a výšce 300 mm) nebo vyrobením zkušebních vzorků ve formě (hranol o rozměru 100 x 100 x 400 mm). Zjišťuje se tak z deformací, které vznikají při známém zatížení zkušebního tělesa.



**Obr. 4.18:** Měření statického modulu pružnosti ve zkušebním lisu [14]

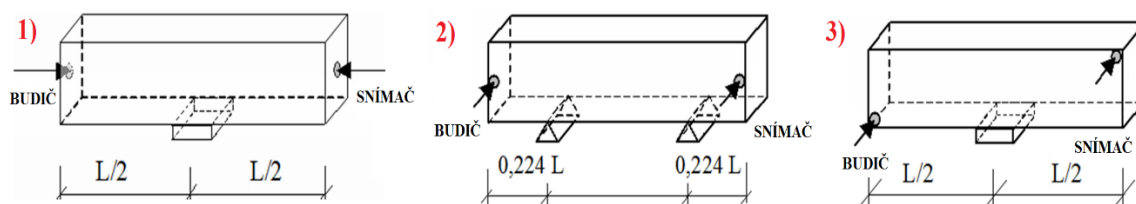
Pro druhý způsob zkoušení, zkoušku v tahu ohybem platí odlišný postup, který spočívá v zatěžování zkušebního vzorku betonu dle čtyřbodového ohybu a následném stanovení výpočtu z naměřených hodnot průhybů trámce. [10]

## Dynamický modul pružnosti

Dynamický modul pružnosti se stanovuje nedestruktivními metodami – nejčastěji měřením ultrazvukovou metodou na konstrukci či na odebraných vzorcích dle ČSN 73 1371 [71], nebo rezonanční metodou na odebraných vzorcích dle ČSN 73 1372 [72]. Jelikož se jedná o metody nedestruktivní, tak při zkoušení, materiál není vystaven reálnému zatížení, tudíž nevznikají žádná napětí, která by vedla ke vzniku trhlin. Z tohoto důvodu, dynamický modul pružnosti odpovídá přibližně počátečnímu tečnovému modulu pružnosti při statickém stanovení a zároveň je podstatně vyšší než ve srovnání se sečnovým modulem pružnosti známým jako statický modul pružnosti, který se stanovuje zatěžováním zkušebních těles v lisu.

Ultrazvuková impulsní metoda je založena na stanovení rychlosti šíření UZ vln v betonu. Pro stanovení dynamického modulu pružnosti se používá vzorec (4.6) viz kapitola 4.1.2 *Ultrazvuková impulsní metoda* na str. 38.

Rezonanci neboli vlastní kmitočet definujeme jako jev, který nastává, jestliže je kmitočet vnější budící síly shodný s vlastním (rezonančním) kmitočtem tělesa a amplituda vynucených kmitů roste na maximum. Tato metoda je založena na určení vlastních frekvencí při rozkmitání zkušebního tělesa elektromagnetickým budičem, při kterém lze stanovit dynamický modul pružnosti v tahu a tlaku, ve smyku, Poissonův koeficient, degradaci betonu a změny těchto veličin při zrání. Nejprve se zkušební vzorek změří, zváží a následně se stanoví jeho objemová hmotnost. Poté se uloží na podklad (nejčastěji gumová podložka) tak, aby umožňoval jeho pohyb při kmitání a zároveň kmitání podložky bylo mimo dosah frekvence zkoušeného vzorku. Nakonec se na takto nachystaný zkušební vzorek přiloží sondy zkušebního přístroje a generuje se kmitání s měnícím se kmitočtem v rozsahu od 30 Hz do 30 kHz a současně se sleduje amplituda kmitání. Podle polohy sond (budiče a snímače) rozeznáváme *podélné kmitání*, *příčné kmitání* nebo *kroutové kmitání* viz Obr 4.19.[13] [42]



**Obr. 4.19:** Různé polohy kmitání – 1) podélné kmitání, 2) příčné kmitání, 3) kroutové kmitání [10]

➤ stanovení dynamického modulu pružnosti v tahu – tlaku při podélném kmitání  $E_{brL}$ :

$$E_{brL} = 4 \cdot L^2 \cdot f_L^2 \cdot \rho \quad [\text{MPa}] \quad (4.19)$$

kde  $L$ .....délka zkušebního vzorku [m];  
 $f_L$ .....naměřená vlastní frekvence podélného kmitání [kHz];  
 $\rho$ .....objemová hmotnost [kg/m<sup>3</sup>].

➤ stanovení dynamického modulu pružnosti v tahu – tlaku při příčném kmitání  $E_{brf}$ :

$$E_{brf} = 0,0789 \cdot c_1 \cdot L^4 \cdot f_f^2 \cdot \rho \cdot \frac{1}{i^2} \quad [\text{MPa}] \quad (4.20)$$

kde  $L$ .....délka zkušebního vzorku [m];  
 $f_f$ .....naměřená vlastní frekvence příčného kmitání [kHz];  
 $c_1$ .....korekční součinitel, zahrnující vliv smyku a setrvačnosti [-];  
 $i$ .....poloměr setrvačnosti průřezu [m];  
 $\rho$ .....objemová hmotnost [kg/m<sup>3</sup>].

➤ stanovení dynamického modulu pružnosti ve smyku  $G_{br}$ :

$$G_{br} = 4 \cdot k_{tv} \cdot L^2 \cdot f_k^2 \cdot \rho \quad [\text{MPa}] \quad (4.21)$$

kde  $L$ .....délka zkušební vzorku [m];  
 $f_k$ .....naměřená vlastní frekvence krouťícího kmitání [kHz];  
 $k_{tv}$ .....součinitel závislý na tvaru průřezu vzorku, pro čtverec [-];  
 $\rho$ .....objemová hmotnost [kg/m<sup>3</sup>].

➤ stanovení dynamického Poissonova poměru  $\nu_{br}$ :

$$\nu_{br} = \frac{E_{brL}}{2 \cdot G_{br}} \quad [-] \quad (4.22)$$

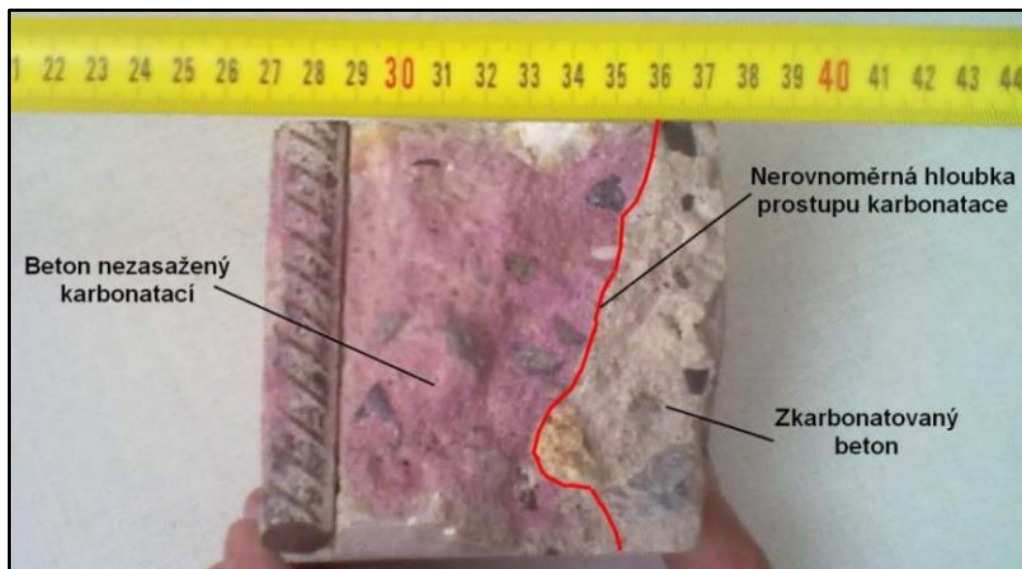
kde  $E_{brL}$ .....dynamický modul pružnosti v tahu – tlaku při podélném kmitání [MPa];  
 $G_{br}$ .....dynamický modul pružnosti ve smyku [MPa].

#### 4.1.7 Karbonatace betonu

Karbonatace betonu je chemický proces způsobený reakcí s oxidem uhličitým, při kterém dochází k postupnému snižování pH a zároveň poklesu obsahu hydroxidových iontů v cementovém tmelu. Neutralizace probíhá nejprve na povrchu betonu, poté uhličitany postupně pronikají do cementového tmelu v betonu, přičemž nemusí mít vliv na výslednou pevnost betonu, ovšem způsobuje korozi ocelové výztuže (při poklesu pH pod 9,5).

Hloubka karbonatace se určuje pomocí fenolftaleinové zkoušky, kdy se na povrch betonu po odvrtání, odbroušení nebo rozdrčení aplikuje 1% lihový roztok fenolftaleinu v 70% etylalkoholu. Jestliže dojde k červenofialovému zbarvení povrchu betonu, jedná se o beton s hodnotou pH > 9,5, což znamená, že nedošlo ke karbonataci a výztuž je chráněna proti korozi, zatímco u betonu ovlivněného karbonatací se barva nijak nezmění. Rychlost karbonatace je ovlivněna velikostí pórů, vlhkostí okolního prostředí a vlhkostí materiálů.

Tato metoda se provádí především na odkrytých částech konstrukce, jádrových vývrtech nebo vrtáním do betonu. [5] [43]



Obr. 4.20: Zkouška karbonatace betonu fenolftaleinovým roztokem [15]

#### 4.1.8 Fyzikálně – chemické analýzy

Pomocí fyzikálně – chemických analýz betonu lze jednoznačně určit druh materiálu, jejich stáří, míru degradace a také různé korozní či degradační vlivy. Posuzuje se zejména míra degradace při působení agresivních látek, kontaminace materiálu cizorodými látkami, zda se jedná o beton na bázi portlandského či hlinitanového cementu, ale také se stanovuje množství, druh pojiva a míra hydratace cementu v betonu neboli stáří betonu. Pro přesnější určení daného betonu je rozhodně nejlepší kombinace jednotlivých chemických analýz, jejichž výsledky se vzájemně budou doplňovat a rozšiřovat. Mezi fyzikálně chemické analýzy, podle kterých se posuzuje stav hodnoceného betonu, zde nejčastěji řadíme:

- chemický rozbor;
- rentgenová difrakční analýza (RTG analýza);
- diferenční termická analýza (DTA analýza);
- stanovení pH betonu ve výluhu.

**Chemický rozbor** v souladu s ČSN 72 0100 [66] slouží pro stanovení obsahu jednotlivých sloučenin, jako jsou: chloridy, síranová síra, oxid vápenatý, oxid hlinitý, oxid železitý atd., v hodnoceném betonu. Provádí se zpravidla v laboratořích z odebraných vzorků z konstrukce.

**Rentgenová difrakční analýza (RTG analýza)** je založena na interferenci rentgenového záření a vychází z teorie, že v pevné látce se nacházejí rovnoběžné roviny vzdálené o tzv. *mřížkovou vzdálenost*. Tato metoda slouží ke stanovení struktury látek, které mají krystalický charakter a lze podle ní určit, zda se jedná o beton na bázi portlandského, směsného či hlinitanového betonu.



**Diferenční termická analýza (DTA analýza)** slouží k naměření rozdílu teplot mezi zkoušeným a standardním vzorkem, které jsou současně zahřívány konstantní rychlostí v peci. Zahříváním dochází k reakcím ve zkoušeném vzorku, přičemž se sleduje závislost rychlosti změny hmotnosti ve vzorku. Tyto hodnoty se zaznamenávají a následně vyhodnocují pro stanovení množství jednotlivých látek hodnoceného materiálu.

**Stanovení pH betonu ve výluhu** se provádí pro posouzení míry degradace betonu podle hodnoty pH za účelem zamezení vzniku koroze výztuže. Postup spočívá vyluhováním přesného množství odebraného vzorku v odpovídajícím množství destilované vody po určitou dobu. Následně se vzorek betonu rozeleme a hodnota pH se určí z výluhu získaného materiálu, který prošel sítím s oky 0,063 mm.

**Mezi další metody pro hodnocení vlastností materiálu patří:**

- snímkování mikrostruktury rastrovacím elektronovým mikroskopem;
- infračervená absorpční spektroskopie.

Pro posuzování stavu a vlastností materiálu konstrukce je nutno zohlednit účel výše uvedených analýz, charakter prostředí a specifiky dané konstrukce, jako je např. konstrukční uspořádání či materiálová skladba apod. [16] [63]

#### **4.1.9 Ostatní zkoušky pro zjištění vlastností betonu**

- **Hutnost betonu** – zjišťuje se z doby průchodu ultrazvukových vln materiálem.
- **Vlhkost** – stanoví se gravimetrickou, radiometrickou, kapacitní, vodivostní nebo odporovou metodou. [44]
- **Objemová hmotnost** – zjišťuje se dle ČSN 73 2011 [74] radiometrickou nebo ultrazvukovou metodou na rovnoměrně rozložených zkušebních místech nebo v laboratoři z odebraných jádrových vývrtů.
- **Vodotěsnost** – stanovuje se hloubka průsaku; beton je vodotěsný, jestliže je hloubka průsaku menší než 20 mm a maximální průsak není větší než 50 mm. [17]
- **Mrázuvzdornost** – stanovuje se dle ČSN 73 1322 [69]; princip zkoušky spočívá ve střídání zmrazování a rozmrazování vodou nasycených betonových vzorků počtem cyklů. [45]
- **Odolnost proti CHRL** – dle ČSN 73 1326 [70]; stanovuje se odolnost povrchu betonu proti působení agresivních posypových solí používaných v zimním období; většinou se touto problematikou zabývají v dopravním stavitelství. [46]



- **Vlastnosti povrchových vrstev betonu** – zásluhou zkoušek na propustnost povrchových vrstev betonu pro vodu a vzduch, lze popsat trvanlivost betonu a také jeho pórovou strukturu. [18]

## 4.2 Diagnostické metody pro lokalizaci betonářské výztuže

Cílem diagnostiky betonářské výztuže je zaměřit se na stanovení rozsahu koroze způsobené nedostatečným krytím, zjištění druhu, průměru, množství a polohy výztuže včetně již zmíněného krytí.

### 4.2.1 Sekaná sonda

Odsekání krycí vrstvy betonu patří do skupiny destruktivních diagnostických metod a slouží ke zjištění polohy rozmístění, množství, průměru, krytí i míry koroze výztuže. Před samotným provedením je vhodné využít elektromagnetických indikátorů nebo georadaru pro vymezení dané oblasti pro sekanou sondu.

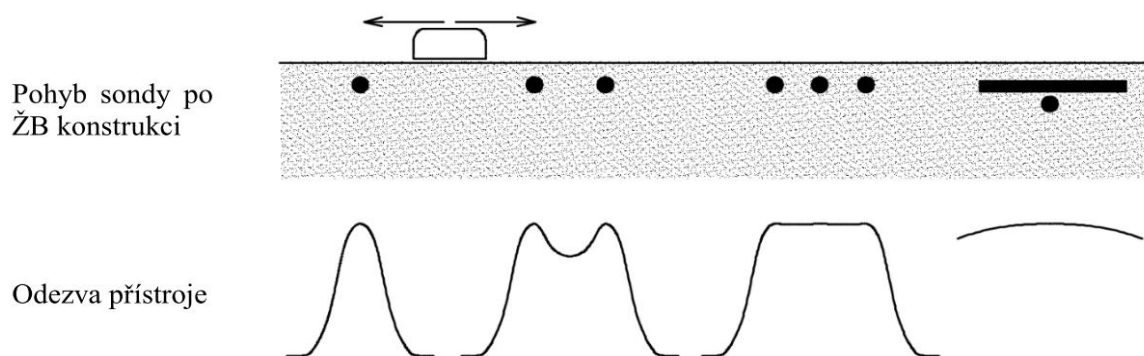
Provedení spočívá v mechanickém odstranění krycí vrstvy betonu nejčastěji pomocí bouracího kladiva (sbíječky) tak, aby došlo k obnažení betonářské výztuže, což následně umožňuje spolehlivě určit průměr pomocí posuvného měřítka, dále krytí a určitý typ výztuže dle jeho tvaru či žebrování. [19] [47]



**Obr. 4.21:** Obnažená výztuž po odsekání krycí vrstvy betonu [Zdroj: měření Napajedla 2016]

### 4.2.2 Elektromagnetické indikátory polohy výztuže

Ve stavební praxi se nejčastěji využívají pro lokalizaci výztuže právě elektromagnetické indikátory. Jedná se o nedestruktivní metodu založenou na využití feromagnetického jevu nebo vířivých proudů, kde budící cívky v okolí sondy vytvářejí elektromagnetické pole. Přítomnost výztuže vyvolává působením vnějšího pole vznik vířivého proudu, který je snímán cívkami. Čím blíže se výztuž nachází u sondy, tím je odezva přístroje větší.



**Obr. 4.22:** Znárodnění odezvy přístroje u různých poloh výztuže [20]

Tato metoda má rozsáhlé využití, ale na druhou stranu i určitá omezení viz Tab. 4.11

**Tab. 4.11:** Výhody a nevýhody elektromagnetických indikátorů výztuže [48]

Nejčastější využití metody	
+	stanovení množství a polohy výztuže
+	u novějších přístrojů lze zjistit průměr nebo krytí prutů výztuže
+	zjištění, zda je beton vůbec vyztužen
+	lokalizace výztuže pro bezpečné vrtání před odebráním vzorků
Určité omezující faktory metody	
-	nerozpoznání prutů výztuže, pokud jsou příliš blízko sebe nebo ve více vrstvách
-	nelze určit přesný druh výztuže
-	nelze stanovit míru koroze výztuže
-	dosah přístroje - běžné sondy 60 mm až 100 mm - hloubkové sondy 150 mm až 200 mm

V současné době je na trhu celá řada indikátorů výztuže v různé cenové relaci s mnoha vylepšeními. Mezi dostupné profesionální přístroje na trhu patří:

- PS 200 Ferroskan od firmy Hilti;
- Profometr PM-6 (600, 630, 650) od firmy Proceq.

Výhoda těchto přístrojů spočívá ve vysoké přesnosti, stanovení krytí a průměru výztuže, skenování povrchu a následném vyhodnocení dat v PC. Přístroj je uvnitř opatřen integrovanou sondou, se kterou lze určit veškeré parametry bez nutnosti výměny sond a pro okamžité zobrazení průběhu měření slouží dotykový displej. V nedostatečně osvětlených prostorech je další výhodou přístroje upozornění na výztuž zvukovým i světelným signálem. [48] [49]



**Obr. 4.23:** Profesionální přístroje pro hledání výztuže – 1) PS 200 Ferroskan od firmy Hilti, 2) Profometr PM-600 od firmy Proceq [50] [51]

### 4.2.3 Georadar

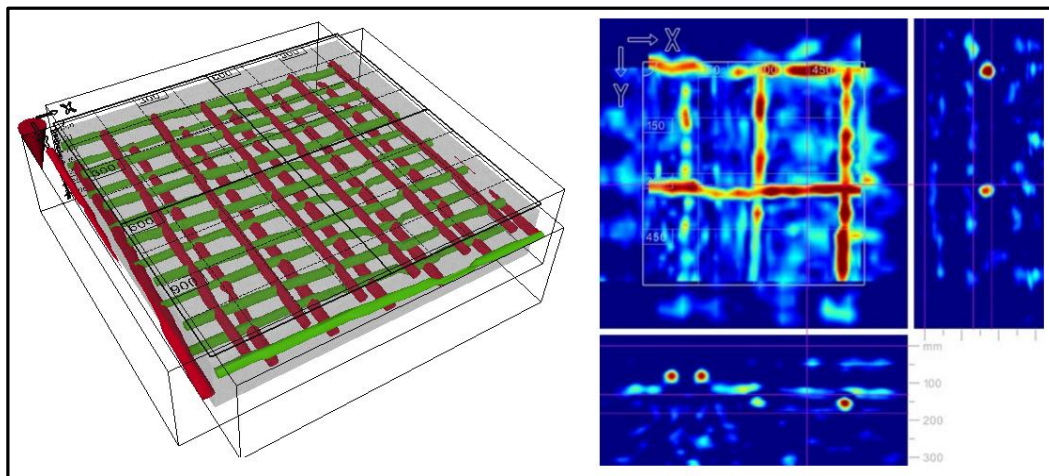
Georadar neboli GPR (Ground penetrating radar) byl původně vyvinut pro geologické účely, avšak díky technickému rozvoji se začal postupně uplatňovat i v odvětví stavební diagnostiky. Jedná se o nedestruktivní metodu založenou na principu vysílání vysokofrekvenčních elektromagnetických impulzů do zkoumaného prostředí a následného zaznamenávání jejich odrazů od překážek.

V dnešní době jsou na trhu georadarové systémy s vysokofrekvenčními anténami (až okolo  $10^9$  Hz), které mají dostatečně vysoké rozlišení pro detekování nehomogenit ( $10^{-2}$  až  $10^{-3}$  m). Obecně platí, že s rostoucí frekvencí antény vzrůstá rozlišovací schopnost detekovaných nehomogenit, avšak klesá jeho hloubkový dosah.



**Obr. 4.24:** Georadar – Hilti PS 1000 [52]

Významný zvrat ve využívání principu georadaru při stavebně technických průzkumech představovalo uvedení na trh přístroje PS 1000 firmy Hilti, který je přímo určený pro diagnostiku železobetonových konstrukcí. Pomocí tohoto přístroje lze určit jak poloha ocelových výztuží, tak i případné nehomogenity v betonových konstrukcích. Ve srovnání s klasickými georadary je sonda osazena trojicí antén pro dokonalejší určení polohy i detekci několika ocelových výztuží nad sebou. Pro záznam polohy je přístroj zajištěn čtyřmi kolečky, pomocí kterých lze přístroj posouvat. Naměřená data jsou zobrazena přímo na monitoru nebo po ukončení měření přenesena do počítače ve 2D zobrazení (půdorys a řezy ve dvou na sebe kolmých rovinách), nebo dokonce i ve 3D zobrazení. Přístroj umožňuje provádět liniové a plošné skeny na ploše 600 x 600 mm nebo 1200 x 1200 mm, do hloubky až 300 mm s přesností  $\pm 10$  mm.



**Obr. 4.25:** Zobrazení výztuže ve 2D a 3D po měření georadarem [49] [53]

Nevýhodou georadaru je neschopnost určení přesného průměru, druhu a koroze výztuže, ale na druhou stranu umožňuje snadný a rychlý průzkum konstrukce, přičemž je možné určit polohu výztuže i ve více vrstvách. [49] [54]

#### 4.2.4 Radiografická metoda

Radiografická metoda patří do skupiny nedestruktivních diagnostických metod. Jedná se o nejpreciznější metodu pro určení přesné polohy, typu, profilu a množství výztuže v železobetonové konstrukci. Princip metody je založen na specifických vlastnostech ionizujícího záření (rentgenové záření a záření gama), které je rozptylováno a absorbováno prostředím, kterým prochází. Míra zeslabení prošlého záření je závislá především na velikosti hustoty toku záření, energii záření, tloušťce, objemové hmotnosti, chemickém složení a tloušťce prozařovaného toku.

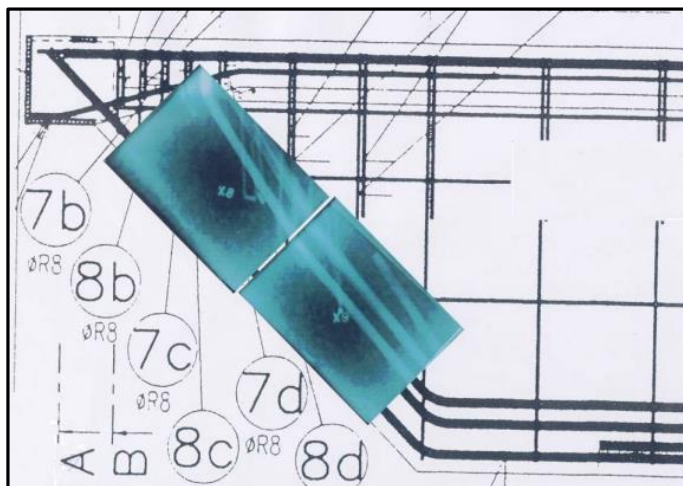
Obecně platí, že u železobetonových konstrukcí je vhodné zvolit gamazářič s velkou energií  $E_{\text{energy}}$ , s velkým poločasem rozpadu  $T_{1/2}$  a velkou aktivitou  $A$ , a proto se nejčastěji používá jako zdroj záření  $\text{Co } 60$ , který je umístěn v defektoskopickém krytu a umožňuje prozařovat konstrukci až do tloušťky 500 mm. Míra zeslabení záření po průchodu materiálem je následně zaznamenávána na radiografickém filmu o rozměru zpravidla 300 x 400 mm, který je umístěn do plastových nebo kovových kazet a po vyvolání zobrazuje vnitřní strukturu zkoumaného místa. U železobetonových konstrukcí se rozložení výztuže v prozařované části konstrukce projevuje světlejšími stopami zmenšeného zčernání na vyvolaném filmu, způsobeným centrálním průmětem výztuže na rentgenový film. Světlejší místa jsou zapříčiněná rozdílnou objemovou hmotností, jelikož ocel ( $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$ ) má vyšší objemovou hmotnost než beton ( $\rho = 2300 \text{ kg/m}^3$ ), tudíž v místě ocelové vložky dochází k většímu zeslabení záření, a proto se na snímku projevuje ve formě světlejších pruhů.





**Obr. 4.26:** Souprava pro provedení radiografie – gamagrafický kryt TECH/OPS se zářičem Co 60 [3]

Mezi nevýhody této metody patří především pracnost, časová náročnost, náklady na vybavení a vzhledem k tomu, že se pracuje s radioaktivním zářením, které je zdraví velmi nebezpečné, tak je důležité dodržování bezpečnostních předpisů, a to zejména vyloučení přístupu osob v okolí záření. Proto měření s radioaktivním zářením mohou provádět pouze vyškolení pracovníci. [3] [5] [55]



**Obr. 4.27:** Radiografický film zobrazující polohu výztuže, který neodpovídá projektové dokumentaci [3]

## B. PRAKTICKÁ ČÁST

### 5. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM A HODNOCENÍ STAVU KONSTRUKCE VÝROBNÍ HALY V AREÁLU FATRA NAPAJEDLA

#### 5.1 Základní informace objektu

##### 5.1.1 Historie společnosti Fatra, a.s.

Fatra je z historického hlediska prvním zpracovatelem plastů v České republice. Tato společnost byla založena v roce 1935 firmou Baťa na přímý popud Ministerstva obrany. Prvními výrobky byly plynové masky, ochranné oděvy, pryžové hračky a technická pryž. Od roku 1940 započala postupná orientace na zpracování plastických hmot. Gumárenskou výrobu Fatra postupně převáděla do jiných závodů, které po určitou dobu spravovala (Gumárny Zubří), nebo je pomáhala budovat (Gumotex Břeclav).

Společnost Fatra má dva výrobní závody v Napajedlích a Chropyni, kde zaměstnává téměř 1000 zaměstnanců. Výrobní závod v Chropyni vznikl v roce 1949 a do roku 2002 byl znám pod jménem Technoplast. V současnosti je společnost součástí koncernu Agrofert se zaměřením v různých odvětvích, jako je např. stavebnictví (izolační fólie, PVC fólie, podlahové krytiny), potravinářství (PVC fólie, PVC obaly), obuvnictví, zdravotnictví, spotřební a automobilový průmysl atd. [56]



Obr. 5.1: Výrobní závod Fatra v Napajedlích [57]



### 5.1.2 Popis objektu

Praktická část diplomové práce se zabývá stavebně technickým průzkumem železobetonové haly (objekt č. 24, tzv. pětietážovka) v průmyslovém areálu Fatra Napajedla nedaleko od Zlína. Jedná se o masivní železobetonovou pětipodlažní nepodsklepenou halu, která je v současnosti využívána k výrobním a skladovacím účelům. Dle výkresové dokumentace tato stavba pochází z šedesátých let dvacátého století a svým charakteristickým znakem poukazuje na svůj původ tzv. „Baťův skelet“.

Půdorysně jde o třítrakt, který je rozdělený na dilatační celky. Pro lepší orientaci v konstrukci byly příčné a podélné řady označeny čísly a písmeny – viz *Obr. 5.4 až 5.7*.

Vodorovné konstrukce mezi sloupy v podélném směru tvoří průvlaky, rozšířené vodorovnými náběhy u sloupů. Strop je tvořen železobetonovou deskou nesenou příčnými žebry a svislou nosnou konstrukci tvoří kruhové sloupy o průměru 0,65 m.



**Obr. 5.2:** Objekt č. 24 v areálu Fatra Napajedla

## 5.2 Důvod provedení stavebního průzkumu

Stavební průzkum tohoto objektu byl proveden z důvodu plánované změny v užívání, respektive změny zatížení v prvním až třetím nadzemním podlaží. V roce 2015 byl navíc proveden průzkum čtvrtého nadzemního podlaží z důvodu plánované změny zatížení stropu kolejovými vozíky. V současnosti je hala využívána především ke skladovacím účelům a výrobě různých fólií.

Cílem průzkumu bylo ověření materiálových charakteristik betonu konstrukce, a ověření dodržení vyztužení dle projektové dokumentace, která byla z velké části k dispozici.

## 5.3 Rozsah průzkumu a rozmístění sond

### 5.3.1 Rozsah průzkumu

V rámci posouzení dodržení projektovaných vlastností stavby bylo rozhodnuto o ověření pevností betonu a určení vyztužení ve vybraných místech konstrukce. Nejprve byla provedena vizuální prohlídka a na základě toho byl stanoven rozsah stavebně technického průzkumu v rámci jednání se zástupcem firmy INTERPLAN – CZ, s.r.o. Průzkum byl proveden na nosných prvcích stropů nad 1., 2. a 3. NP v každém podlaží zahrnoval sloupy pod stropem, průvlaky, žebra a desku stropní konstrukce. V roce 2015 byl taktéž proveden průzkum nosných prvků stropu nad 4. NP a sloupů pod tímto stropem z důvodu změny zatížení stropu zásobovacími kolejovými vozíky. Po dohodě s objednavatelem byl stanoven počet zkoumaných míst.



Obr. 5.3: Zásobovací kolejový vozík

### 5.3.2 Rozmístění sond

Pro provedení odběru jádrových vývrtů a ověření vyztužení byly sondy rozmístěny tak, aby nedošlo při provádění zkoušek k omezení či narušení výroby a celkové plynulosti chodu továrny.

Pro ověření pevnosti betonu nebylo možné použít nedestruktivní metodu pomocí Schmidtova tvrdoměru z důvodu výroby a velké prašnosti, proto byla pevnost stanovena pouze na základě jádrových vývrtů.

Ověření vyztužení jednotlivých prvků bylo provedeno nejprve stanovením polohy výztuže v konstrukci nedestruktivní metodou pomocí Profometru PM-630 v kombinaci s radarem Hilti PS 1000. Následně byla provedena metoda sekané sondy pro zjištění typu a míry koroze výztuže, jelikož pouze pomocí nedestruktivních metod nelze tyto parametry určit s výjimkou radiografie. Použití radiografie, ale v tomto případě nebylo vhodné, jelikož by nebylo možné zajistit

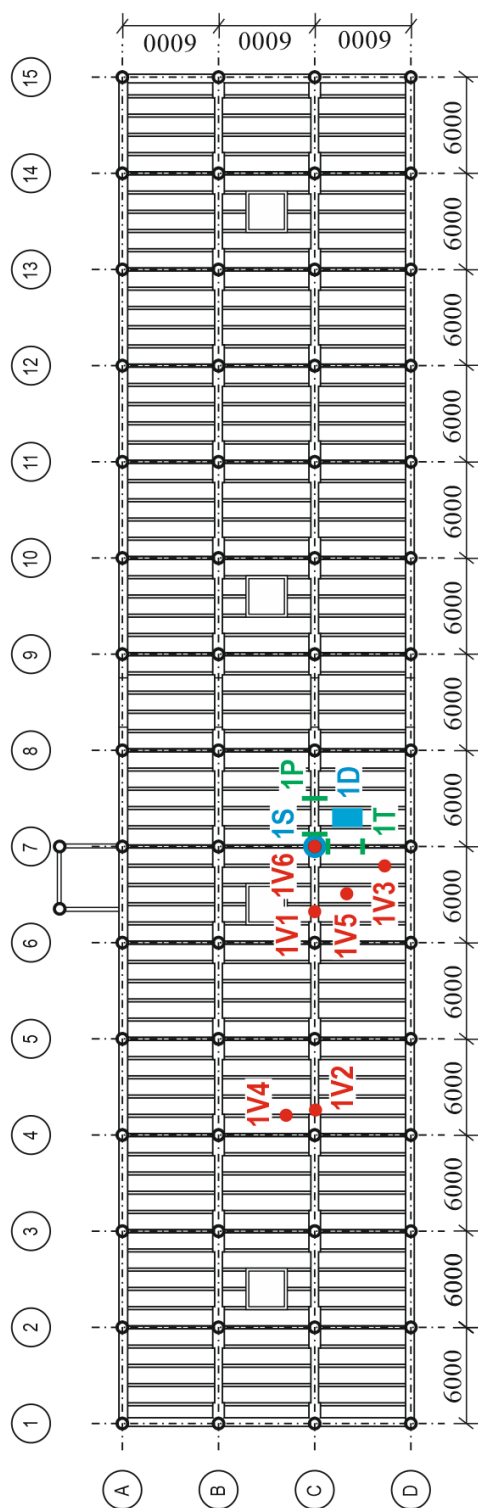
přerušení provozu továrny. Navíc je tato metoda jak časově, tak i finančně velmi náročná, musí se dodržovat určité bezpečnostní předpisy a ve skutečnosti se v dnešní době téměř nepoužívá.

Po dohodě s objednavatelem byl rozsah sond proveden následovně:

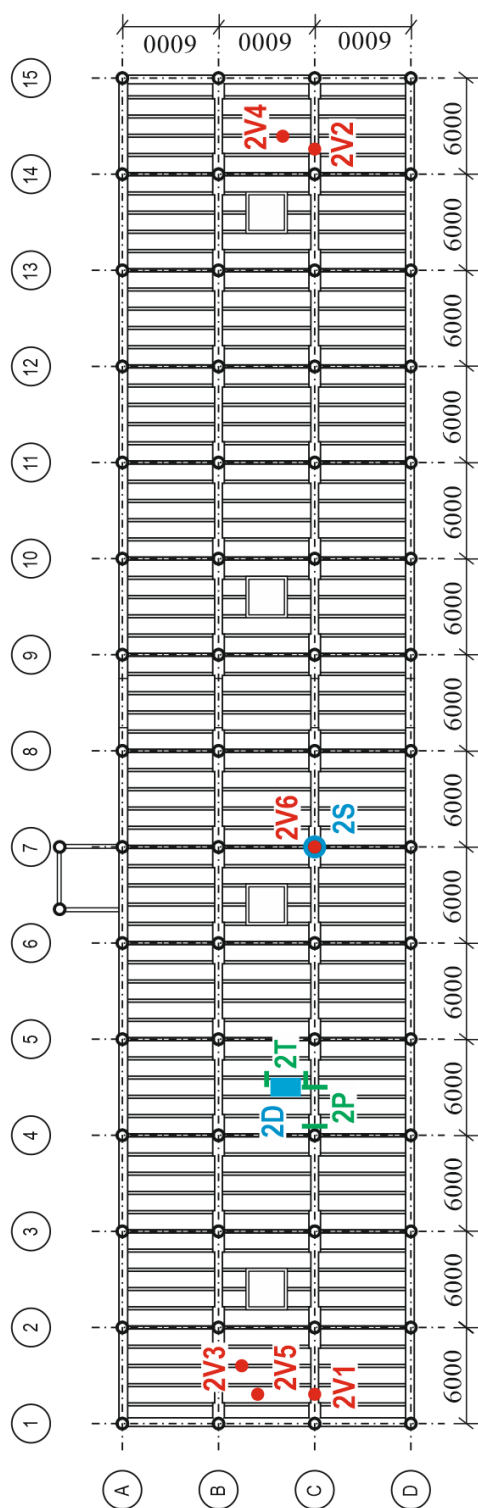
**Tab. 5.1:** Rozsah a místo provedení jednotlivých sond v 1. NP – 4. NP

<b>Strop nad 1. NP (stropní konstrukce nad 1. NP a sloup v 1. NP) – provedeno v roce 2016</b>	
<u>Pro stanovení kvality betonu:</u>	2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlaku 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra 1 jádrový vývrt v desce 1 jádrový vývrt do vybraného sloupu
<u>Pro stanovení vyztužení:</u>	1 průvlak - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 žebro - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 místo kontroly výztuže v desce u spodního líce 1 místo kontroly výztuže ve sloupu
Schéma rozmístění jádrových vývrtů a míst stanovení vyztužení je znázorněno na Obr. 5.4	
<b>Strop nad 2. NP (stropní konstrukce nad 2. NP) – provedeno v roce 2016</b>	
<u>Pro stanovení kvality betonu:</u>	2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlaku 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra 1 jádrový vývrt v desce 1 jádrový vývrt do vybraného sloupu
<u>Pro stanovení vyztužení:</u>	1 průvlak - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 žebro - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 místo kontroly výztuže v desce u spodního líce 1 místo kontroly výztuže ve sloupu
Schéma rozmístění jádrových vývrtů a míst stanovení vyztužení je znázorněno na Obr. 5.5	
<b>Strop nad 3. NP (stropní konstrukce nad 3. NP a sloup ve 3. NP) – provedeno v roce 2016</b>	
<u>Pro stanovení kvality betonu:</u>	2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlaku 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra 1 jádrový vývrt v desce 1 jádrový vývrt do vybraného sloupu
<u>Pro stanovení vyztužení:</u>	1 průvlak - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 žebro - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 místo kontroly výztuže v desce u spodního líce 1 místo kontroly výztuže ve sloupu
Schéma rozmístění jádrových vývrtů a míst stanovení vyztužení je znázorněno na Obr. 5.6	

Strop nad 4. NP – provedeno v roce 2016	
Stanovení příčiny porušení průvlaku v místě dilatace – stanovení polohy výztuže Schéma rozmístění jádrových vývrtů a míst stanovení vyztužení je znázorněno na <i>Obr. 5.7</i>	
Strop nad 4. NP (stropní konstrukce nad 4. NP a sloup ve 4. NP) – provedeno v roce 2015	
<u>Pro stanovení kvality betonu:</u>	2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě průvlaku 2 jádrové vývrty do stropní konstrukce v místě žebra 1 jádrový vývrt v desce 1 jádrový vývrt do vybraného sloupu
<u>Pro stanovení vyztužení:</u>	1 průvlak - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 žebro - stanovení vyztužení uprostřed rozpětí a při vetknutí (u spodního líce) 1 místo kontroly výztuže v desce u spodního líce 1 místo kontroly výztuže ve sloupu
Schéma rozmístění jádrových vývrtů a míst stanovení vyztužení je znázorněno na <i>Obr. 5.7</i>	

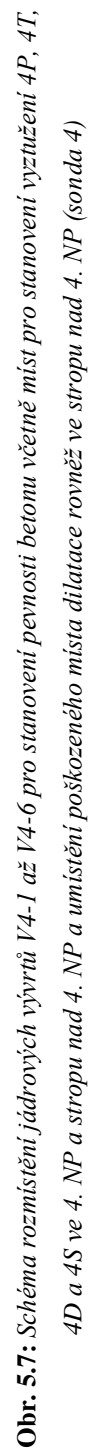
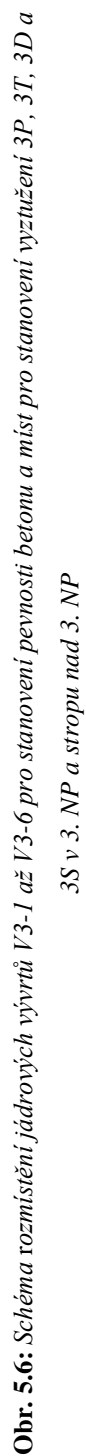


**Obr. 5.4:** Schéma rozmístění jádrových vývrtů V1-1 až V1-6 pro stanovení pevnosti betonu a míst pro stanovení vyztužení 1P, 1T, 1D a IS v 1. NP a stropu nad 1. NP



**Obr. 5.5:** Schéma rozmístění jádrových vývrtů V2-1 až V2-6 pro stanovení pevnosti betonu a míst pro stanovení vyztužení 2P, 2T, 2D a 2S v 2. NP a stropu nad 2. NP







## 5.4 Použité metody při provedení průzkumu

### 5.4.1 Stanovení pevnostní třídy betonu

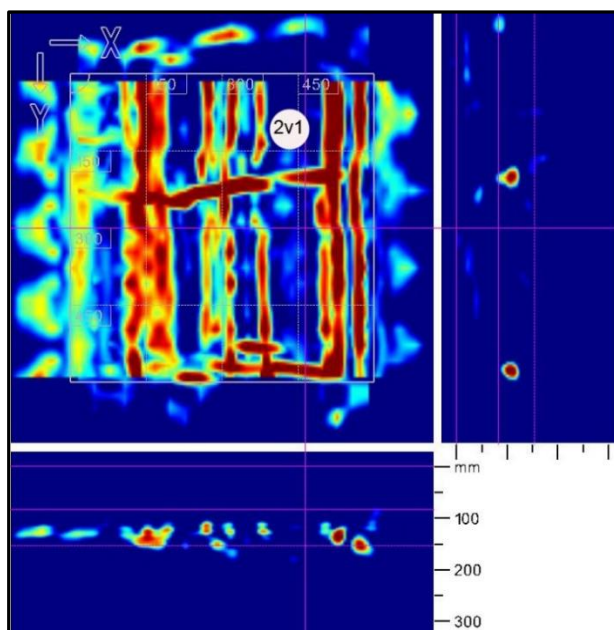
Pro stanovení pevnostní třídy betonu byla výhradně použita metoda jádrových vývrtů dle normy ČSN EN 12504-1 [82], čímž byla částečně omezena prašnost při provedení průzkumu. Z tohoto důvodu nebyla zkouška provedena pomocí nedestruktivní metody za použití Schmidtova tvrdoměru, jelikož bychom museli nejprve odstranit krycí vrstvu omítky a následně zbrousit povrch betonu, což by vedlo ke vzniku větší prašnosti.

Pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku z jádrových vývrtů byla použita norma ČSN EN 13791 [84]. Konkrétněji byl použit výpočet podle **kritéria B**, pro který platí **3 až 14 vývrtů** z jedné zkušební oblasti. Toto kritérium B je již probrané v kapitole 4.1.5 *Jádrové vývrtů* na str. 47.

Jednalo o odběr jádrových vývrtů z 1. NP až 4. NP, přesněji byly provedeny:

- 2 jádrové vývrtů ze stropní konstrukce v místě průvlastu;
- 2 jádrové vývrtů ze stropní konstrukce v místě žebra;
- 1 jádrový vývrt v desce;
- 1 jádrový vývrt do vybraného sloupu.

Pro vyloučení poškození výztuže v konstrukci při provedení jádrových vývrtů byla v plánovaných místech nejprve provedena kombinace metod radaru Hilti PS 1000 a přístroje Profometer PM-630. Na základě jejich výsledků, kdy podle rozmístění prutů výztuže v konstrukci byla upřesněna poloha pro provedení jádrového vývrtu tak, aby nedošlo k porušení žádné výztuže, názorný příklad viz *Obr. 5.8*. Po odebrání jednotlivých vývrtů byla z nich vyrobena zkušební tělesa, která se změřila, zvážila a následně byla vložena do lisu pro zjištění maximální síly pro porušení vzorku. V některých případech, kdy byl jádrový vývrt dostatečně dlouhý a beton kompaktní, byly vytvořeny z jednoho vývrtu 2 až 3 zkušební tělesa. Naopak u kratších vývrtů především z desek bylo možné vytvořit pouze jedno zkušební těleso.



**Obr. 5.8:** Příklad radarového skenu stropní konstrukce v místě vývrtu 2V1 s naznačením upřesnění polohy vývrtu

#### 5.4.2 Ověření vyztužení pomocí přístrojů Profometer PM-630 a Georadar Hilti PS 1000 doplněné sekanými sondami

Ověření vyztužení bylo provedeno kombinací nedestruktivních metod doplněných sekanými sondami pro ověření typu a zjištění průměru prutů výztuže viz kapitola 4.2 *Diagnosticke metody pro lokalizaci betonářské výztuže*. U nedestruktivních metod byl konkrétněji použit radar Hilti PS 1000 a přístroj Profometer PM-630.

Sondy byly provedeny na nosných prvcích stropů nad 1., 2., 3. a 4. NP v každém podlaží zahrnoval sloupy pod stropem, průvlaky, žebra a desku stropní konstrukce. Jednotlivé sondy provedené na desce se nacházely zhruba uprostřed rozpětí mezi žebry, na průvlacích a žebrech byly sondy vždy provedeny uprostřed rozpětí za účelem určení prutů ohybové výztuže a u podpory, kde šlo o identifikaci počtu prutů ohybové výztuže z pole procházející až do podpory a zároveň kolik jich je převedeno pomocí ohybů k hornímu líci. U jednotlivých podpor byly dále zjišťovány osové vzdálenosti třmínků a počet stříhů třmínků.



Obr. 5.9: Liniové skenování stropní konstrukce přístroje Hilti PS 1000 [7]



Obr. 5.10: Profometer PM-630 s dotykovým displejem a integrovanou sondou  
[Zdroj: fotoarchiv Ing. Petr Cikrle, Ph.D.]

## 5.1 Výsledky průzkumu – Stanovení pevnosti betonu v tlaku

Pevnosti betonu v tlaku v jednotlivých nadzemních podlaží byly stanoveny na základě jádrových vývrtů. V každé stropní konstrukci (1. NP až 4. NP) bylo celkem provedeno 5 vývrtů a 1 vývrt ve sloupu pod danou stropní konstrukcí. Většina jádrových vývrtů byla o průměru 50 mm s výjimkou vývrtů do průvlaku v 1., 2. a 4. NP a do sloupu ve 4. NP ( $\varnothing 75$  mm). Použití většího průměru vrtáku nebylo nemožné, jelikož by došlo k porušení výztuže v daném prvku. Obecně platí, že průměr vývrtu by měl být co nejmenší, abychom minimalizovali zásah do konstrukce a zároveň co nejméně ovlivnili jeho statické působení, ale na druhou stranu by měl být dostatečně velký kvůli struktuře betonu. Pro přesnější určení pevnosti **nesmí být maximální velikost zrna kameniva větší než 1/3 průměru vývrtu**, jelikož pak zjištěná pevnost může být výrazně ovlivněna. Délka vývrtů pro zkoušku pevnosti v tlaku vycházela jak z průměru vývrtů, tak z možného způsobu úpravy – pro srovnání s pevnostní krychelnou by se měl zachovat poměr  $l = d$  a pro válcovou pevnost platí  $l = 2d$ .

Popis jednotlivých vývrtů bude slovně popsán pouze pro vývrty z konstrukcí z 1. NP. Ostatní vývrty ze zbylých nadzemních podlaží budou uvedeny v přehledných tabulkách v příloze.



Obr. 5.11: Příklad jádrového vrtání [65]

### 5.1.1 Strop nad 1.NP a sloup v 1. NP

#### Sonda 1V1 – stropní průvlak

Sonda byla provedena přibližně v 1/2 rozpětí průvlaku viz *Obr. 5.4*, přičemž vývrt byl proveden z horního líce konstrukce jádrovým vrtákem o  $\varnothing$  75 mm. Celková délka sondy byla cca 310 mm včetně silné podlahové vrstvy tvořené betonovou mazaninou tloušťky 40 mm. Vývrt byl tvořen těženým kamenivem frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn do 20 mm a ojedinělým zrnem 40 mm. Pórovitost vzorku byla nízká s póry do 2 mm.



**Obr. 5.12:** Místo sondy 1V1 do průvlaku nad 1. NP



**Obr. 5.13:** Vzorek 1V1 ze stropního průvlaku nad 1. NP

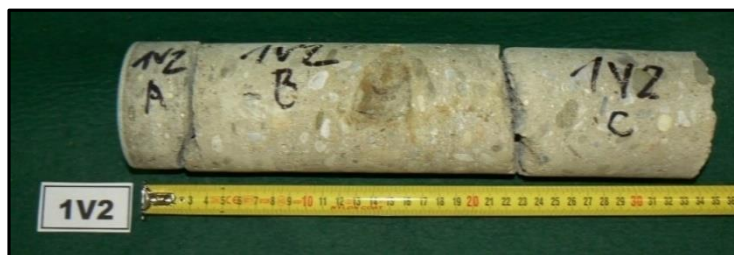
#### Sonda 1V2 – stropní průvlak

Sonda byla provedena přibližně v 1/3 rozpětí průvlaku viz *Obr. 5.4*, přičemž vývrt byl proveden taktéž z horního líce konstrukce jádrovým vrtákem o  $\varnothing$  75 mm. Celková délka sondy byla cca 330 mm včetně silné podlahové vrstvy tvořené betonovou mazaninou tloušťky 40 mm. Jelikož byl vývrt dostatečně dlouhý, tak z něj následně byly vytvořeny tři zkušební tělesa tvořené těženým kamenivem frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn do 20 mm a zahliněnou kavernou 60 mm. Pórovitost vzorku byla nízká s póry do 2 mm.



**Obr. 5.14:** Místo sondy 1V2 do průvlaku nad 1. NP





**Obr. 5.15:** Vzorek 1V2 ze stropního průvlaku nad 1. NP

### **Sonda 1V3 – stropní žebro**

Sonda byla provedena přibližně v 1/2 rozpětí žebra viz *Obr. 5.4*, přičemž vývrt byl proveden z horního líce konstrukce jádrovým vrtákem o  $\varnothing$  50 mm. Celková délka sondy u stropního žebra byla cca 280 mm včetně silné podlahové vrstvy tvořenou betonovou mazaninou tloušťky 30 mm. Vývrt byl tvořen těžným kamenivem frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn do 25 mm. Pórovitost vzorku byla nízká s póry do 2 mm.



**Obr. 5.16:** Místo sondy 1V3 do žebra nad 1. NP



**Obr. 5.17:** Vzorek 1V3 ze stropního žebra nad 1. NP

### **Sonda 1V4 – stropní žebro**

Sonda byla provedena přibližně v 1/3 rozpětí průvlaku viz *Obr. 5.4*, přičemž vývrt byl proveden taktéž z horního líce konstrukce jádrovým vrtákem o  $\varnothing$  50 mm. Celková délka sondy byla cca 325 mm včetně silné podlahové vrstvy tvořenou betonovou mazaninou tloušťky 20 mm. Jelikož byl vývrt dostatečně dlouhý, tak z něj následně byly vytvořeny tři zkušební tělesa tvořené těžným



**Obr. 5.18:** Místo sondy 1V4 do žebra nad 1. NP

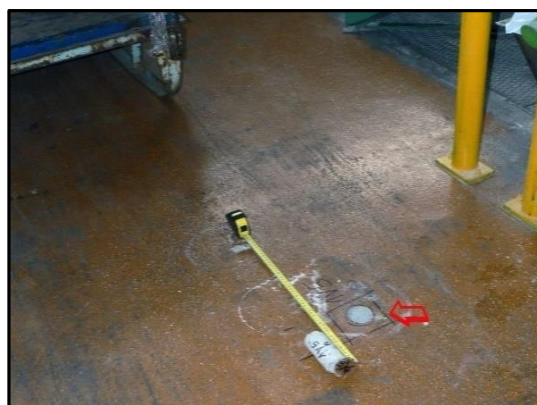
kamenivem frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn do 20 mm a zahliněnou kavernou 30 mm. Pórovitost vzorku byla nízká s póry do 1 mm.



**Obr. 5.19:** Vzorek 1V4 ze stropního žebra nad 1. NP

### **Sonda 1V5 – stropní deska**

Sonda byla provedena přibližně v 1/3 rozpětí průmyslové haly v poli 6-7 mezi sloupy C-D viz Obr. 5.4, přičemž vývrt byl proveden taktéž z horního líce konstrukce jádrovým vrtákem o Ø 50 mm. Celková délka sondy byla cca 110 mm včetně silné podlahové vrstvy tvořené betonovou mazaninou tloušťky 5 mm. S ohledem na tloušťku desky byl proveden vrt menší délky, ze kterého bylo vytvořeno pouze jedno zkušební těleso tvořené těženým kamenivem frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn do 20 mm. Pórovitost vzorku byla nízká s póry do 2 mm.



**Obr. 5.20:** Místo sondy 1V5 do desky nad 1. NP



**Obr. 5.21:** Vzorek 1V5 ze stropní desky nad 1. NP



### **Sonda 1V5 – sloup**

Sonda byla provedena přibližně v 1/2 rozpětí průmyslové haly – jednalo se přesněji o sloup C7 viz *Obr. 5.4*, na kterém zároveň bylo provedeno ověřování vyztužení. Sonda byla provedena vodorovně do sloupu ve výšce 1,95 m, jelikož toto místo bylo vhodné pro odběr vývrtu na základě výstupu z přístroje Profometer PM-630, který ukazoval, že se zde nevyskytovala výztuž. Vývrt měl průměr Ø 50 mm o celkové délce cca 260 mm, který byl tvořen těžným kamenivem frakce 0-16 mm s maximální velikostí zrn do 25 mm. Pórovitost vzorku byla nízká s póry do 2 mm.



**Obr. 5.22:** Místo sondy 1V6 do sloupu v 1. NP



**Obr. 5.23:** Vzorek 1V6 ze sloupu v 1. NP

Na závěr lze konstatovat, že již z vizuálního hlediska je beton ze stropní konstrukce nad 1. NP spíše nižší kvality. Ve všech případech bylo použité těžné kamenivo, přičemž beton nevykazoval příliš velkou soudržnost mezi kamenivem a cementovým tmelem, a proto vrtání bylo téměř snadné s minimálním odporem. Při pohledu na vzorek bylo rozpoznatelné, že barva betonu napovídala o použití malého množství cementu v záměsi. I když byl beton vývrtu odebraného ze sloupu vizuálně kvalitnější, tak i v tomto případě bylo použito pouze těžné kamenivo.

### 5.1.2 Stanovení tloušťek desek a podlah

Vzhledem k omezení výrobními technologiemi nebyly jádrové vývrtky z desek prováděny skrz konstrukci. Na základě vývrtů do průvlaku, žeber a desek byly stanoveny tloušťky podlah a v místech stávajících technologických postupů byly určeny tloušťky desek včetně podlahy.

**Tab. 5.2:** *Tloušťky podlah a tloušťky desek včetně podlah*

	Tloušťky podlah	Tloušťky desek včetně podlah
Strop nad 1. NP	5 - 45 mm	115 mm
Strop nad 2. NP	30 - 45 mm	115 mm
Strop nad 3. NP	25 - 35 mm	125 mm
Strop nad 4. NP	30 - 45 mm	120 mm

### 5.1.3 Výsledky získané ze zkoušek pevnosti betonu v tlaku

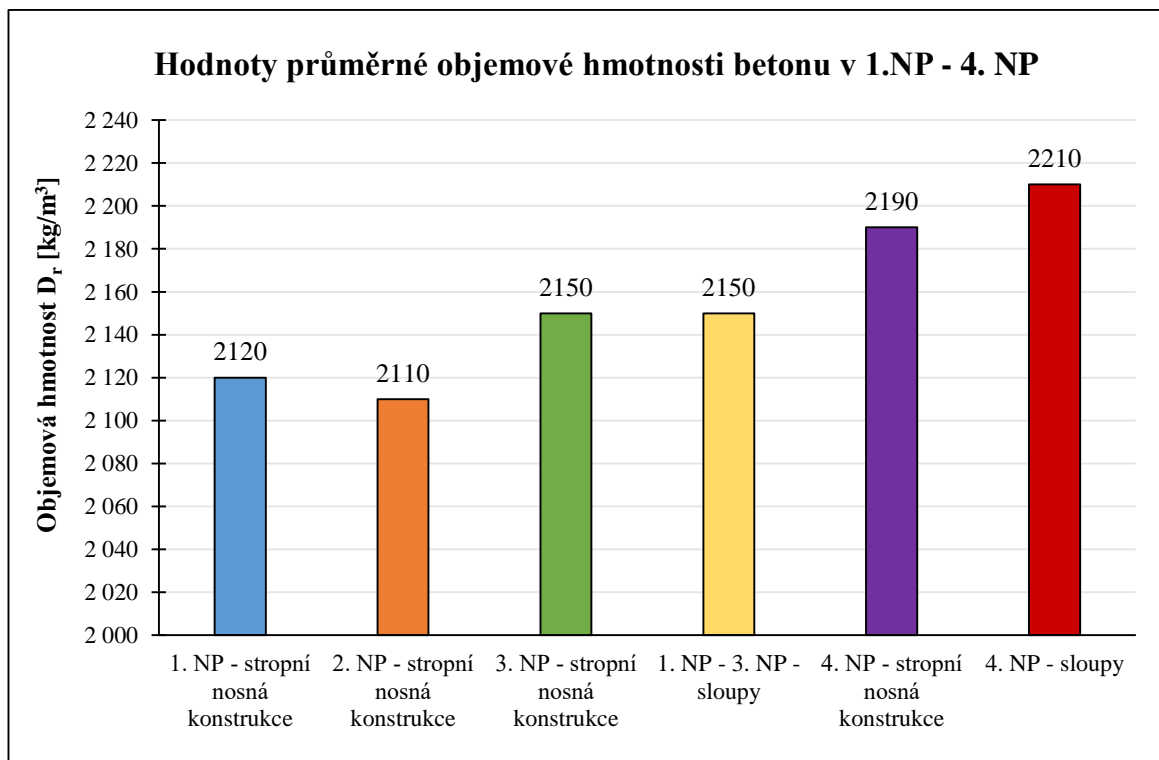
Pro stanovení pevnosti betonu v tlaku bylo celkem odebráno 24 jádrových vývrtů z nosné železobetonové konstrukce haly, z toho 20 z monolitických stropních konstrukcí a 4 ze sloupů v různých podlažích. Z těchto vývrtů bylo následně vyrobeno celkem 42 zkušebních těles, u kterých byly stanoveny jak jejich rozměry, tak i objemová hmotnost a pevnost v tlaku betonu, která se stanovila vložením vyrobených zkušebních těles do laboratorního lisu. Výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tab. 5.3 až 5.6. Jednotlivá zkušební tělesa ze všech nadzemních podlaží jsou uvedena v příloze.

**Tab. 5.3:** Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu stropní nosné konstrukce nad 1. NP, 2. NP a 3. NP a sloupů v 1. NP, 2. NP a 3. NP získané v roce

Označení tělesa	Část konstrukce	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m <sub>r</sub> [g]	Objemová hmotnost přirozená D <sub>r</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]
1-V1A	Průvlak	74,2	74,7	699,2	2163
1-V1B	Průvlak	74,2	79,5	721,4	2100
1-V1C	Průvlak	74,3	80,6	747,7	2141
1-V2A	Průvlak	74,2	77,6	699,9	2087
1-V2B	Průvlak	74,2	76,0	669,8	2039
1-V3A	Žebro	50,0	77,0	326,2	2163
1-V3B	Žebro	49,9	75,5	323,4	2188
1-V4A	Žebro	49,7	99,2	419,5	2177
1-V4B	Žebro	49,8	54,1	216,5	2055
1-V5	Deska	49,9	52,7	215,8	2094
<b>Průměr 1. NP - stropní nosné konstrukce (2016)</b>					<b>2120</b>
2-V1A	Průvlak	49,8	50,8	213,3	2158
2-V1B	Průvlak	49,9	67,0	281,9	2149
2-V2A	Průvlak	49,9	69,0	281,8	2094
2-V2B	Průvlak	49,8	65,5	263,9	2073
2-V3	Žebro	49,8	60,2	238,8	2039
2-V4	Žebro	49,9	71,4	299,0	2142
2-V5	Deska	49,8	51,3	212,8	2127
<b>Průměr 2. NP - stropní nosné konstrukce (2016)</b>					<b>2110</b>
3-V1	Průvlak	74,3	75,1	708,7	2179
3-V2A	Průvlak	49,8	97,7	402,4	2118
3-V2B	Průvlak	49,4	75,5	306,1	2118
3-V3A	Žebro	49,8	88,7	370,1	2143
3-V3B	Žebro	49,9	86,0	366,0	2177
3-V4A	Žebro	49,9	87,4	367,4	2154
3-V4B	Žebro	49,8	82,5	346,0	2150
3-V5	Deska	49,9	53,9	230,9	2193
<b>Průměr 3. NP - stropní nosné konstrukce (2016)</b>					<b>2150</b>
1-V6A	Sloup	50,0	97,6	419,2	2190
1-V6B	Sloup	50,0	98,4	413,6	2143
2-V6A	Sloup	49,7	95,8	395,7	2130
2-V6B	Sloup	50,0	98,2	403,8	2096
3-V6A	Sloup	50,0	99,6	426,9	2181
3-V6B	Sloup	49,9	97,6	415,3	2175
<b>Průměr 1. NP - 3. NP - sloupy (2016)</b>					<b>2150</b>

**Tab. 5.4:** Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu stropní nosné konstrukce nad 4. NP a sloupů ve 4. NP získané z roku 2015

Označení tělesa	Část konstrukce	Průměr d [mm]	Výška h [mm]	Hmotnost m <sub>r</sub> [g]	Objemová hmotnost přirozená D <sub>r</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]
4-V1-1	Průvlak	74,2	75,9	704,5	2147
4-V1-2	Průvlak	74,2	109,3	982,7	2079
4-V2-1	Průvlak	74,2	76,3	738,8	2239
4-V2-2	Průvlak	74,2	76,4	737,6	2233
4-V3-1	Žebro	51,7	72,3	330,0	2174
4-V3-2	Žebro	51,8	65,7	299,7	2165
4-V4-1	Žebro	51,8	74,5	345,3	2199
4-V4-2	Žebro	51,7	66,1	315,2	2272
4-V5-1	Deska	51,5	57,3	258,2	2163
<b>Průměr 4. NP - stropní nosné konstrukce (2015)</b>					<b>2190</b>
4-V6-1	Sloup	74,1	77,6	734,6	2195
4-V6-2	Sloup	74,1	76,0	729,4	2225
<b>Průměr 4. NP - sloupy (2015)</b>					<b>2210</b>



**Graf 5.1:** Průměrné hodnoty objemové hmotnosti betonu jednotlivých stropní konstrukcí a sloupů

Průměrná objemová hmotnost ve stavu přirozeně vlhkém se v jednotlivých zkušebních oblastech pohybovala kolem hodnoty **2110 kg/m<sup>3</sup>** až **2210 kg/m<sup>3</sup>** viz *Graf 5.1*, což odpovídá použitému těžnému kamenivu a nižším pevnostním třídám betonu.

Na závěr lze konstatovat, že ve všech zkušebních tělesech v jednotlivých nadzemních podlažích a prvcích byly zjištěny rozdíly, které vzhledem ke své podobné struktuře, kam řadíme např. mezní frakci kameniva, podíl hrubého a jemného kameniva poukazují na rozdílnou kvalitu betonu. Obecně platí, že pokud dojde k poklesu objemové hmotnosti, tak dochází ke zvětšení objemu pórů a tím i k poklesu pevnosti v tlaku. Týká se to především těchto zkušebních těles: 1-V2B, 1-V4B, 2-V2B, 2-V3 a 4-V1-2. U všech ostatních zkušebních míst byly splněny požadavky na obyčejný hutný beton, které odpovídají objemové hmotnosti vyšší než 2000 kg/m<sup>3</sup>.

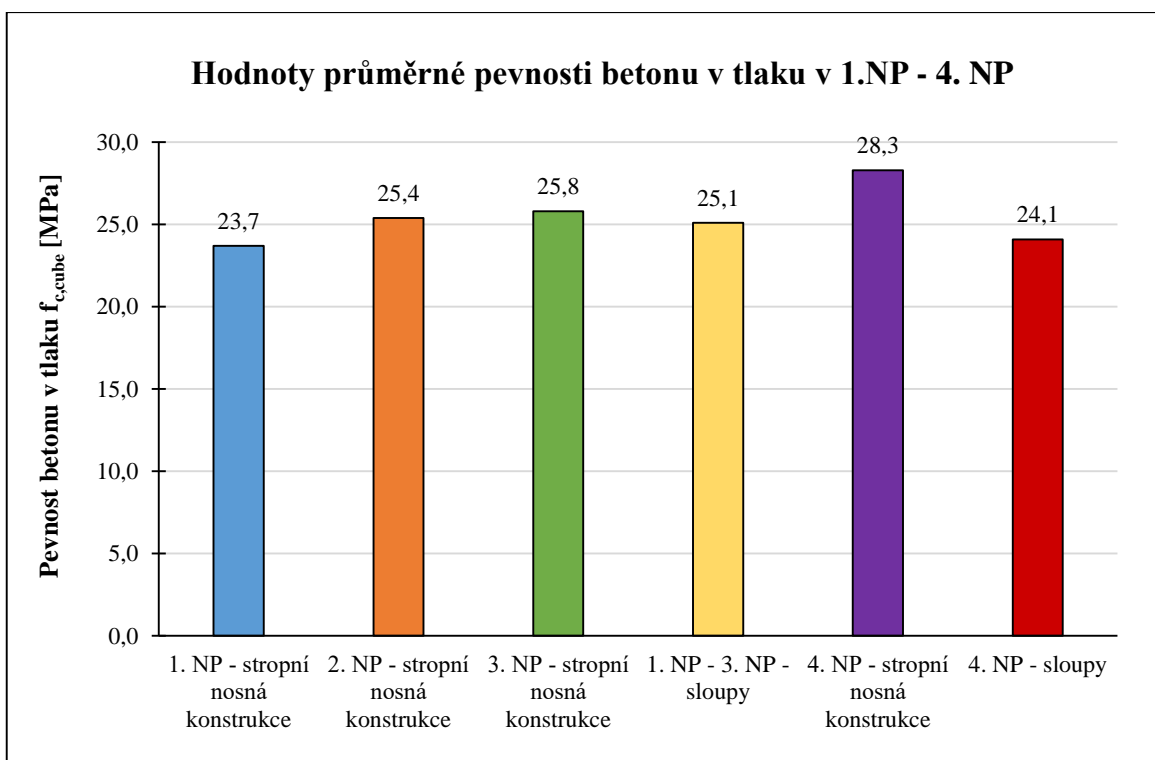
**Tab. 5.5:** Pevnosti v tlaku betonu nosných konstrukcí stropů nad 1. NP, 2. NP a 3. NP a sloupů v 1. NP, 2. NP, 3. NP získané z roku 2016

Označení tělesa	Max. síla F [kN]	Štíhlost $\lambda$ [-]	Koef. štíhlosti $\kappa_{c,cyl}$ [-]	Koef. průměru $\kappa_{c,cube}$ [-]	Pevnost $f_{c,cyl}$ [MPa]	Koef. krychelný $\kappa_{cyl,cube}$ [-]	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]
1-V1A	122,0	1,01	0,85	0,93	22,4	1,250	28,0
1-V1B	80,0	1,07	0,87	0,93	15,0	1,252	18,8
1-V1C	123,0	1,09	0,88	0,93	23,1	1,250	28,9
1-V2A	82,7	1,05	0,87	0,93	15,4	1,252	19,3
1-V2B	81,8	1,02	0,86	0,93	15,1	1,252	18,9
1-V3A	40,4	1,54	0,95	0,91	17,8	1,252	22,3
1-V3B	39,0	1,51	0,95	0,91	17,2	1,252	21,5
1-V4A	51,3	1,99	1,00	0,91	24,0	1,250	30,0
1-V4B	39,2	1,09	0,88	0,91	16,1	1,252	20,1
1-V5	58,3	1,05	0,87	0,91	23,5	1,250	29,4
<b>Průměr 1. NP - stropní nosné konstrukce (2016)</b>					<b>19,0</b>	<b>-</b>	<b>23,7</b>
2-V1A	43,2	1,02	0,86	0,91	17,3	1,252	21,6
2-V1B	61,7	1,34	0,92	0,91	26,5	1,248	33,1
2-V2A	74,3	1,38	0,93	0,91	32,2	1,244	40,1
2-V2B	33,0	1,32	0,92	0,91	14,2	1,252	17,8
2-V3	35,6	1,21	0,90	0,91	15,0	1,252	18,8
2-V4	37,1	1,43	0,94	0,91	16,2	1,252	20,3
2-V5	52,1	1,03	0,86	0,91	20,9	1,251	26,1
<b>Průměr 2. NP - stropní nosné konstrukce (2016)</b>					<b>20,3</b>	<b>-</b>	<b>25,4</b>
3-V1	123,2	1,01	0,85	0,93	22,6	1,250	28,2
3-V2A	46,2	1,96	1,00	0,91	21,5	1,251	26,9
3-V2B	40,6	1,53	0,95	0,91	18,3	1,252	22,9
3-V3A	42,1	1,78	0,98	0,91	19,3	1,251	24,1
3-V3B	39,0	1,72	0,97	0,91	17,7	1,252	22,1
3-V4A	39,7	1,75	0,98	0,91	18,0	1,252	22,6
3-V4B	41,5	1,66	0,96	0,91	18,7	1,251	23,4
3-V5	70,9	1,08	0,87	0,91	28,9	1,247	36,0
<b>Průměr 3. NP - stropní nosné konstrukce (2016)</b>					<b>20,6</b>	<b>-</b>	<b>25,8</b>
1-V6A	40,0	1,95	1,00	0,91	18,5	1,252	23,1
1-V6B	47,3	1,97	1,00	0,91	21,9	1,251	27,4
2-V6A	36,5	1,93	0,99	0,91	17,0	1,252	21,3
2-V6B	39,5	1,97	1,00	0,91	18,3	1,252	22,9
3-V6A	53,5	1,99	1,00	0,91	24,8	1,249	31,0
3-V6B	43,1	1,96	1,00	0,91	20,0	1,251	25,0
<b>Průměr 1. NP - 3. NP - sloupy (2016)</b>					<b>21,0</b>	<b>-</b>	<b>25,1</b>



**Tab. 5.6:** Pevnosti v tlaku betonu nosných konstrukcí stropů nad 4. NP a sloupů ve 4. NP získané z roku 2015

Označení tělesa	Max. síla F [kN]	Štíhlost $\lambda$ [-]	Koef. štíhlosti $\kappa_{c,cyl}$ [-]	Koef. průměru $\kappa_{c,cube}$ [-]	Pevnost $f_{c,cyl}$ [MPa]	Koef. krychelný $\kappa_{cyl,cube}$ [-]	Pevnost $f_{c,cube}$ [MPa]
4-V1-1	132,6	1,02	0,86	0,93	24,5	1,250	30,6
4-V1-2	83,0	1,47	0,94	0,93	16,8	1,252	21,1
4-V2-1	189,3	1,03	0,86	0,93	35,0	1,242	43,5
4-V2-2	173,7	1,03	0,86	0,93	32,1	1,244	40,0
4-V3-1	40,0	1,40	0,93	0,91	16,2	1,252	20,2
4-V3-2	43,9	1,27	0,91	0,91	17,3	1,252	21,6
4-V4-1	40,2	1,44	0,94	0,91	16,3	1,252	20,4
4-V4-2	53,6	1,28	0,91	0,91	21,2	1,251	26,6
4-V5-1	63,5	1,11	0,88	0,91	24,5	1,250	30,6
<b>Průměr 4. NP - stropní nosné konstrukce (2015)</b>					<b>22,7</b>	<b>-</b>	<b>28,3</b>
4-V6-1	106,8	1,05	0,87	0,93	19,9	1,251	24,9
4-V6-2	100,2	1,03	0,86	0,93	18,6	1,251	23,2
<b>Průměr 4. NP - sloupy (2015)</b>					<b>19,2</b>	<b>-</b>	<b>24,1</b>



**Graf 5.2:** Průměrné hodnoty pevnosti betonu v tlaku jednotlivých stropních konstrukcí a sloupů

Dle výsledků zkoušek pevnosti v tlaku betonu na zkušebních tělesech odebraných ze stropních konstrukcí nad 1. NP až 4. NP i ze sloupů v 1. NP až 4. NP lze říci, že se jedná o beton poměrně rovnoměrný a spíše nižší kvality. Ve všech zkušebních oblastech byla naměřená pevnost v tlaku víceméně stejná (v průměru kolem 25 MPa), s výjimkou stropní konstrukce nad 1. NP, kde pevnost v tlaku byla nepatrně nižší (v průměru 23,7 MPa) a stropní konstrukce nad 4. NP, kde pevnost v tlaku byla naopak nepatrně vyšší (v průměru 28,3 MPa). V důsledku rovnoměrnosti betonu bude v závěru charakteristická pevnost v tlaku betonu v konstrukci jen o něco málo nižší a zároveň vyšší než průměrné pevnosti.

#### 5.1.4 Vyhodnocení zkoušek pevnosti betonu v tlaku

Vyhodnocení výsledků zkoušek bylo u betonu stropních konstrukcí provedeno pro každé podlaží zvlášť, zatímco beton sloupů byl vzhledem k malému počtu vzorků hodnocen společně pro všechna podlaží s výjimkou sloupů ve 4. NP, jelikož celé 4. NP bylo měřeno o rok dříve v roce 2015.

Pro vyhodnocení pevnosti v tlaku betonu pouze na základě jádrových vývrtů byl použit postup „B“ (pro 3 až 14 vývrtů ze zkušební oblasti) dle ČSN EN 13791 [84] zmíněný již v kapitole 4.1.5 *Jádrové vývrty na str. 47.*

	Kritérium průměr	Kritérium minimum	
	$f_{m(n),is}$	$f_{is, nejmenší}$	$f_{ck,is}$
<b>Stropní kce nad 1. NP</b>	23,7 - 7	18,8 + 4	<b>16,7 MPa</b>
<b>Stropní kce nad 2. NP</b>	25,4 - 7	17,8 + 4	<b>18,4 MPa</b>
<b>Stropní kce nad 3. NP</b>	25,8 - 7	22,1 + 4	<b>18,8 MPa</b>
<b>Stropní kce nad 4. NP</b>	28,3 - 6	20,2 + 4	<b>22,3 MPa</b>
<b>Sloupy v 1. NP až 3. NP</b>	25,1 - 7	21,3 + 4	<b>18,1 MPa</b>
<b>Sloupy ve 4. NP</b>	24,1 - 7	23,2 + 4	<b>17,1 MPa</b>

Výsledné hodnoty dle normy ČSN EN 13791 [84], která umožňuje pro splnění požadavků pevnosti betonu dosažení v konstrukci pouze 85% charakteristické pevnosti dané třídy oproti tělesům vyrobeným ve formách ( $f_{ck,is} = 0,85 f_{ck}$ ), zcela odpovídaly těmto pevnostním třídám betonu:

<b>Beton stropní kce nad 1. NP</b>	$(f_{ck,is} = 16,7 \text{ MPa} \geq 12,5 \text{ MPa})$	<b>C 12/15</b>
<b>Beton stropní kce nad 2. NP</b>	$(f_{ck,is} = 18,4 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>
<b>Beton stropní kce nad 3. NP</b>	$(f_{ck,is} = 18,8 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>
<b>Beton stropní kce nad 4. NP</b>	$(f_{ck,is} = 23,3 \text{ MPa} \geq 21,3 \text{ MPa})$	<b>C 20/25</b>
<b>Beton sloupů v 1. NP až 3. NP</b>	$(f_{ck,is} = 18,1 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>
<b>Beton sloupů ve 4. NP</b>	$(f_{ck,is} = 17,1 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>

Z naměřených výsledků zkoušek na pevnost betonu v tlaku je patrné, že beton stropních konstrukcí i beton sloupů ve všech nadzemních podlažích **splňují požadavky** současných norem **pro beton nosných železobetonových konstrukcí**, kdy se požaduje minimální pevnostní třída **C 12/15** pro konstrukční beton. Největší kvalitu betonu má dle naměřených výsledků stropní konstrukce nad 4. NP (C 20/25), naopak nejnižší kvalitu betonu má stropní konstrukce nad 1. NP (C 12/15). Beton v ostatních stropních konstrukcích a sloupech vykazoval stejnou pevnostní třídu C 16/20. Jelikož bylo provedeno ověřování betonu sloupů v jednotlivých nadzemních podlažích pouze na dvou tělesech z jednoho sloupu, tak je možné, že při zvýšení počtu vzorků by dosáhlo vyšší pevnostní třídy, jako je např. pevnostní třída stropní konstrukce nad 4. NP (C 20/25). Avšak kvalita betonu není nejlepší, kritéria pro beton C 16/20 byla ve všech případech splněna jen těsně.

## 5.2 Výsledky průzkumu – Stanovení vyztužení

Cílem ověřování vyztužení vybraných nosných prvků v jednotlivých nadzemních podlažích bylo porovnání případných rozdílů vyztužení s projektovou dokumentací a reálným vyztužením konstrukce. U některých prvků, ale bohužel projektová dokumentace k dispozici nebyla.

Pro hledání vyztuže byla použita kombinace nedestruktivních a destruktivních metod. Jednalo se zejména o použití přístroje Profometer PM-630 a radaru Hilti PS 1000, a provedení sekané sondy. Přestože sekané sondy vždy s sebou přinášejí vysokou prašnost, musely být provedeny, jelikož pomocí již zmíněných přístrojů nelze určit typ jednotlivých prutů vyztuže ani míru jejich koroze. Příslušná místa pro provedení sond byla vybrána tak, aby prašnost nikterak neovlivňovala chod výroby.

Sondy byly provedeny na nosných prvcích stropů nad 1., 2., 3. a 4. NP v každém podlaží zahrnoval sloupy pod stropem, průvlaky, žebra a desku stropní konstrukce. Jednotlivé sondy provedené na desce se nacházely zhruba uprostřed rozpětí mezi žebry, na průvlacích a žebrech byly sondy vždy provedeny uprostřed rozpětí za účelem určení prutů ohybové vyztuže a u podpory, kde šlo identifikaci počtu prutů ohybové vyztuže z pole procházející až do podpory a zároveň kolik jich je převedeno pomocí ohybů k hornímu lici. U jednotlivých podpor byly dále zjišťovány osové vzdálenosti třmínků a počet střihů třmínků.

Sondy provedené na sloupech měly za úkol určit počet prutů, jejich polohu a vzdálenost třmínků. Pro zaručení nepřítomnosti vyztuže zatažené z předchozího nadzemního podlaží byla hlavní vyztuž vyhledávána ve výšce cca 1 m nad podlahou.

Z důvodu velkého množství zkoumaných prvků jsou pro ukázkou diagnostiky slovně popsány pouze vybrané prvky z 2. NP (průvlak), z 3. NP (sloup) a 4. NP (žebro, deska a porucha dilatace ve stropu). Zbylé nosné prvky jednotlivých nadzemních podlaží a jejich výsledky při stanovení vyztužení včetně schémat reálného vyztužení budou uvedeny v přehledných tabulkách v příloze.



**Obr. 5.24:** Odsekání krycí vrstvy betonu pomocí sbíječky kango

### 5.2.1 Stanovení vyztužení průvlaku ve stropu nad v 2. NP

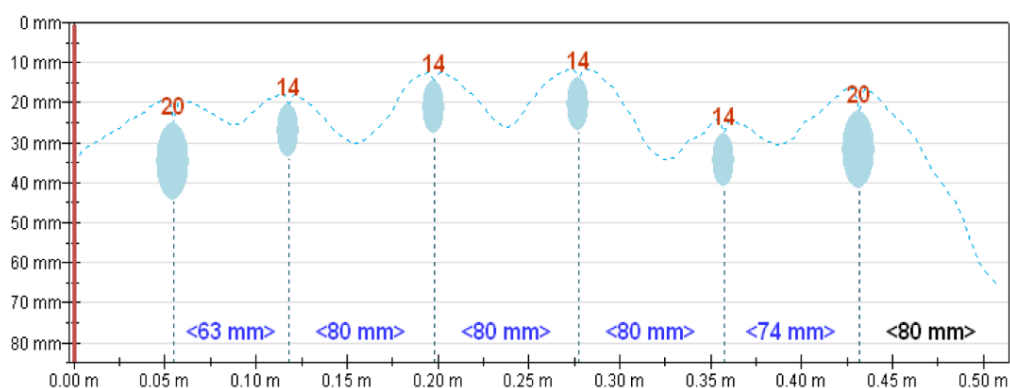
Pro zjištění vyztužení průvlaku byla provedena sonda 2P v řadě C u sloupu 4, ve stropu nad 2. NP (přesná poloha je označena na Obr. 5.5). Celkem byly provedeny dvě sondy, jedna uprostřed rozpětí prvku a druhá u podpory. Šířka průvlaku v poli byla 0,5 m, zatímco u podpor byly průvlaky rozšířeny vodorovnými náběhy na šířku 0,65 m, což odpovídá průměru sloupů, kterými jsou průvlaky nesený. Vzhledem k šířce průvlaku se předpokládaly třmínky s více než dvěma střihy, což se také potvrdilo.

Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS 1000. Jelikož nebylo možné jednoznačně určit přesný počet prutů, jejich průměr a míru koroze v prvku uprostřed rozpětí pouze pomocí nedestruktivních metod vzhledem k malým roztečím mezi ohybovou výztuží, musela být následně provedena sekaná sonda. Naopak u podpory z důvodu větších vzdáleností mezi jednotlivými pruty, nebylo zde nezbytné provedení sekané sondy.

#### A) Stanovení vyztužení uprostřed rozpětí stropního průvlaku – Sonda 2P

U sondy provedené uprostřed rozpětí prvku byla zjištěná ohybová výztuž zcela shodná s projektovou dokumentací. Třmínky se taktéž shodovaly s projektovou dokumentací, pouze v jejich rozteči byla zjištěná odchylka, přičemž rozteče třmínků jsou menší, než požaduje projekt, v průměru 210 mm místo 300 mm.

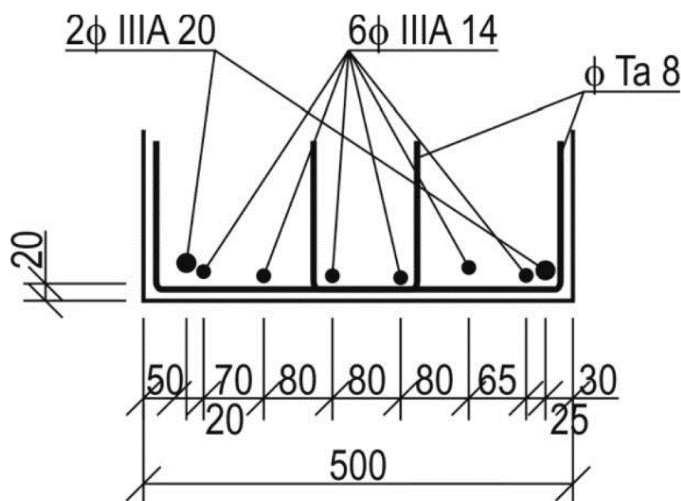
Na Obr. 5.25 lze vidět grafický výstup z přístroje Profometer PM-630 z měření polohy hlavní výztuže, ve kterém je znázorněna poloha výztuží, jejich krytí i průměr.



**Obr. 5.25:** Grafický výstup z přístroje Profometer PM-630 sondy 2P(A) pro ověření polohy hlavní výztuže v průvlaku uprostřed rozpětí

Tab. 5.7: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení uprostřed rozpětí průvlaku – Sonda 2P(A)

a) Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí stropního průvlaku – Sonda 2P(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 20 mm (krytí 22 - 32 mm)
	6x Ø IIIA 14 mm (krytí 20 - 25 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 20 mm
	6x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 210 mm (krytí 6 - 11 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou menší, než požaduje projekt → v průměru 210 mm místo 300 mm</li> </ul>	



Obr. 5.26: Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 2P(A) uprostřed rozpětí

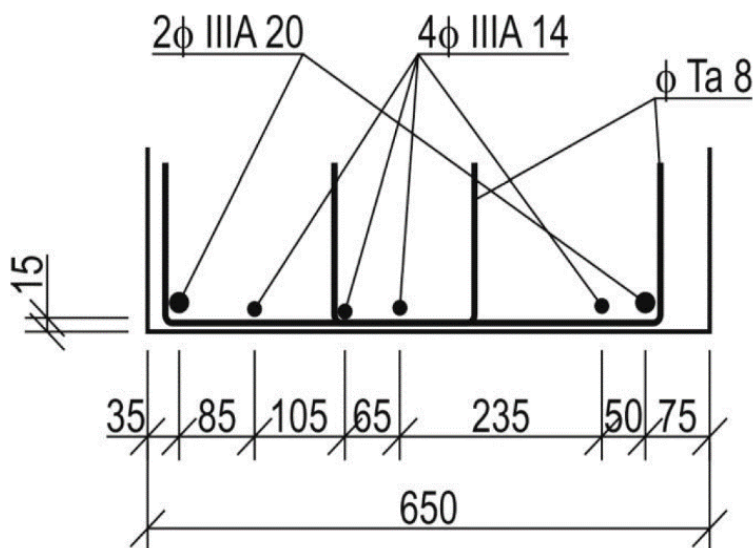


## B) Stanovení vyztužení u podpory stropního průvlaku – Sonda 2P

Ohybová výztuž zjištěná u podpory průvlaku - Sonda 2P byla taktéž shodná s projektovou dokumentací. Pouze v rozteči třmínků byla opět zjištěná odchylka, přičemž rozteče třmínků jsou výrazně menší, než požaduje projekt, v průměru 170 mm místo 300 mm.

**Tab. 5.8:** Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení u podpory průvlaku – Sonda 2P(B)

b) Výsledky stanovení vyztužení u podpory stropního průvlaku – Sonda 2P(B)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 20 mm (krytí 22 - 32 mm)
	6x Ø IIIA 14 mm (krytí 20 - 25 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 20 mm
	6x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 210 mm (krytí 6 - 11 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou menší, než požaduje projekt → v průměru 210 mm místo 300 mm</li> </ul>	



**Obr. 5.27:** Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 2P(B) u podpory

### 5.2.2 Stanovení vyztužení sloupu v 3. NP

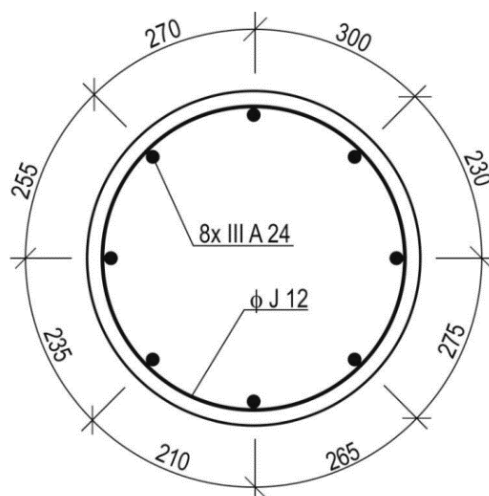
Pro zjištění vyztužení sloupu byla provedena sonda 3S – jednalo se o kruhový sloup C7 o  $\varnothing$  0,65 m v 3. NP (přesná poloha je označena na Obr. 5.6). Aby v sondě nebyly zachyceny pruty z předchozího podlaží, byla sonda provedena ve výšce cca 1,5 m nad podlahou.

Poloha výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS 1000. Pro ověření typu výztuže, profilu a míru koroze byla ve vybraném místě ještě provedena sekaná sonda, která odhalila pouze dva vzájemně kolmé pruty, jelikož se vycházelo z výkresové dokumentace za předpokladu, že je po celém obvodu sloupu stejná výztuž.



Obr. 5.28: Sekaná sonda ve sloupu – Sondy 3S

Po srovnání s projektem, vyztužení vykazovalo jisté odlišnosti oproti projektové dokumentaci. Hlavní výztuž odpovídala počtem a typem, ale nikoliv průměrem. Třmínky se lišily typem, průměrem a taky svou roztečí. Zjištěné odchylky byly však na stranu bezpečnou.



Obr. 5.29: Schématický výkres výztuže ve sloupu v místě sondy 3S

**Tab. 5.9:** Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení sloupu – Sonda 4S

Výsledky stanovení vyztužení sloupu – Sonda 4S	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	8x Ø IIIA 24 mm (krytí 25 - 35 mm)
<b>Dle projektu (ze statického výpočtu):</b>	8x Ø IIIA 20 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	spirála Ø J 12 mm á 60 mm (krytí 12 - 23 mm)
<b>Dle projektu (ze statického výpočtu):</b>	spona Ø III A 6 mm á 150 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se neshoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- hlavní výztuže odpovídají počtem, typem i průměrem</li> <li>- třmínky se liší typem, průměrem a mají menší rozteče</li> <li>- odchylky jsou na stranu bezpečnou</li> </ul>	

### 5.2.3 Stanovení vyztužení žebra ve stropu nad v 4. NP

Pro zjištění vyztužení žebra byla provedena sonda 4T v poli 6-7 mezi sloupy C-D, ve stropu nad 4. NP (přesná poloha je označena na *Obr. 5.7*). Celkem byly provedeny dvě sondy, jedna uprostřed rozpětí prvku a druhá u podpory. Šířka průvlaku jak v poli, tak i u podpory byla 0,14 m. Vzhledem k malé šířce žebra se předpokládaly třmínky s maximálně dvěma stříhy, což se také potvrdilo.

Poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630. Radarem Hilti PS 1000 byla stanoveny polohy ohybů hlavní výztuže. Jelikož nebylo možné jednoznačně určit přesný počet prutů, jejich průměr a míru koroze v prvku uprostřed rozpětí pouze pomocí nedestruktivních metod vzhledem k malým roztečím mezi ohybovou výztuží, musela být následně provedena sekaná sonda.

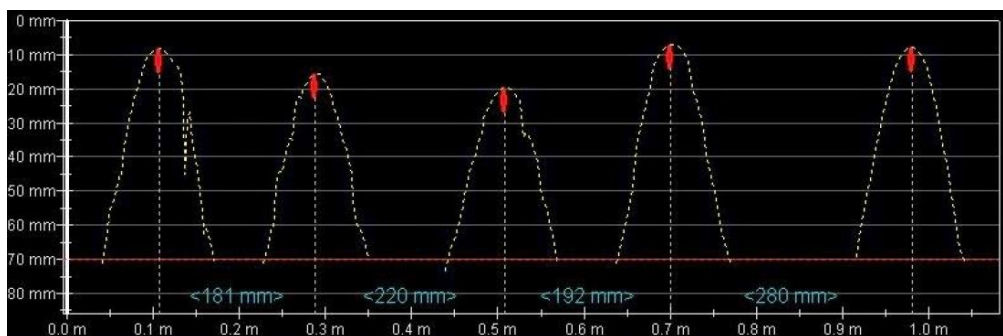
#### A) Stanovení vyztužení uprostřed rozpětí stropního žebra – Sonda 4T(A)

U sondy provedené uprostřed rozpětí prvku byla zjištěná ohybová výztuž zcela shodná s projektovou dokumentací. Ve skutečnosti byly zjištěny 4 pruty hlavní výztuže, ale na *Obr. 5.30* lze vidět, že jeden prut byl vzhledem ke své pozici ostatními zakrytý.



**Obr. 5.30:** Sekaná sonda ve stropním žeburu v místě sondy 4T(A) uprostřed rozpětí

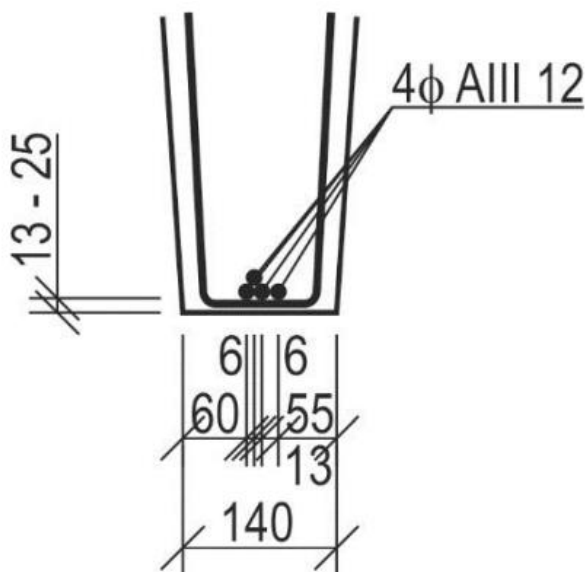
Pomocí profometru byla provedena kontrola roztečí třmínků uprostřed prvku, kdy grafický výstup z tohoto přístroje vykreslil vzdálenost třmínků od 180 mm do 280 mm (průměrně 220 mm) a krytí třmínků od 8 mm do 20 mm. Třmínky se tedy taktéž shodovaly s projektovou dokumentací, pouze v jejich rozteči byla zjištěná odchylka, přičemž rozteče třmínků jsou mírně větší, než požaduje projekt, v průměru již zmíněných 220 mm místo 200 mm.



Obr. 5.31: Výstup z profometru sondy 4T(A) znázorňující vzdálenost trmínků od 180 mm do 280 mm s krytím trmínků od 8 do 20 mm

Tab. 5.10: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení uprostřed rozpětí žebra – Sonda 4T(A)

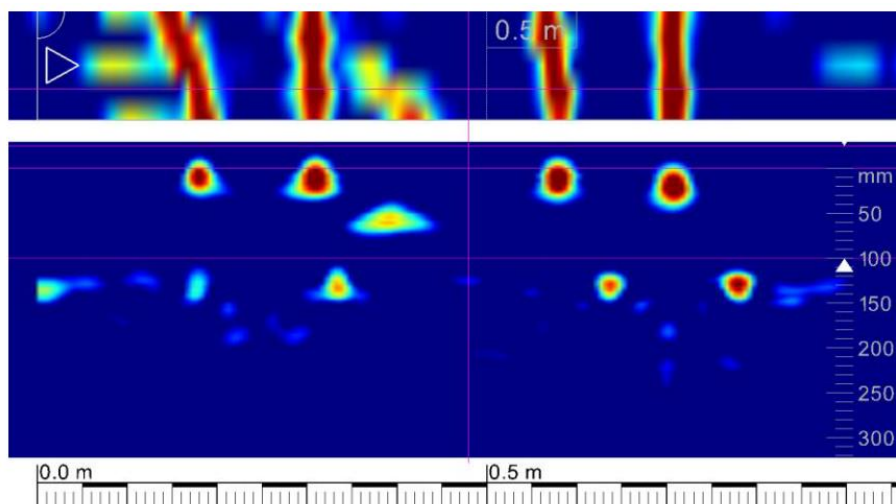
a) Výsledky stanovení vyztužení uprostřed rozpětí stropního žebra – Sonda 4T(A)	
Ohybová výztuž	
Zjištěno:	4x Ø IIIA 12 mm (krytí 13 - 25 mm)
Dle projektu:	4x Ø IIIA 12 mm
Třmínky	
Zjištěno:	Ø Ta 8 mm á 220 mm (krytí 8 - 20 mm)
Dle projektu:	Ø Ta 8 mm á 200 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči trmínku, které jsou mírně větší, než požaduje projekt → v průměru 220 mm místo 200 mm</li> </ul>	



Obr. 5.32: Schématický výkres zjištěné výztuže v žebře v místě sondy 4T(A) uprostřed rozpětí

## B) Stanovení vyztužení u podpory stropního žebra – Sonda 4T(B)

Ohybová výztuž zjištěná u podpory žebra – sonda 4T(B) byla taktéž shodná s projektovou dokumentací. Pomocí radaru Hilti PS 1000 byl zachycený ohyb jedné hlavní výztuže na liniovém skenu bočního líce žebra, viz Obr 5.33. Ohyb se nachází ve vzdálenosti cca 600 mm od líce průvlaku a na skenu jsou rovněž vidět třmínky s průměrnou roztečí 210 mm.



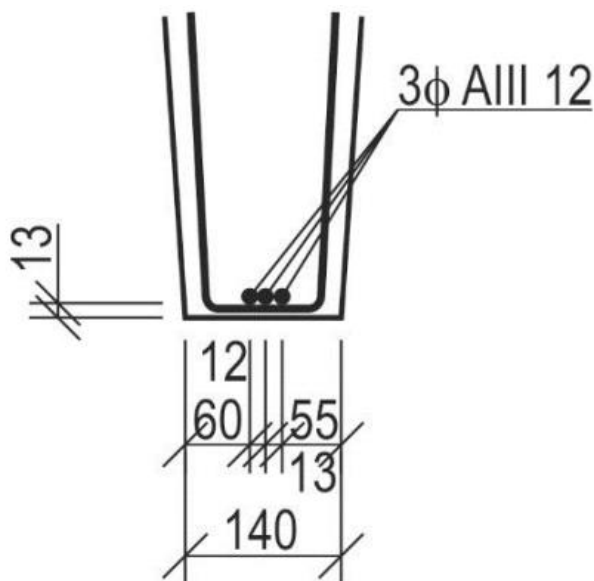
**Obr. 5.33:** Výstup z radaru Hilti PS 1000 sondy 4T(B) na liniovém skenu bočního líce žebra zaznamenávající ohyb jedné hlavní výztuže žebra

Třmínky se opět shodovaly s projektovou dokumentací, pouze v jejich rozteči byla zjištěná odchylka, přičemž rozteče třmínků jsou mírně větší, než požaduje projekt, v průměru již zmíněných 210 mm místo 200 mm.

**Tab. 5.11:** Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení u podpory žebra – Sonda 4T(B)

b) Výsledky stanovení vyztužení u podpory stropního žebra – Sonda 4T(B)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	3x Ø IIIA 12 mm (krytí 13 mm)
<b>Dle projektu:</b>	3x Ø IIIA 12 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	Ø Ta 8 mm á 210 mm (krytí 5 - 10 mm)
<b>Dle projektu:</b>	Ø Ta 8 mm á 200 mm
Ohyby hlavní výztuže	
<b>Zjištěno:</b>	ve vzdálenosti 600 mm od průvlaku
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou mírně větší, než požaduje projekt → v průměru 210 mm místo 200 mm</li> </ul>	





**Obr. 5.34:** Schématický výkres zjištěné výztuže v žebří v místě sondy 4T(B) u podpory

#### 5.2.4 Stanovení vyztužení desky ve stropu nad v 4. NP

Pro zjištění vyztužení stropní desky byla provedena sonda 4D v poli 6-7, řadě C-D ve stropu nad 4. NP (přesná poloha je označena na Obr. 5.7).

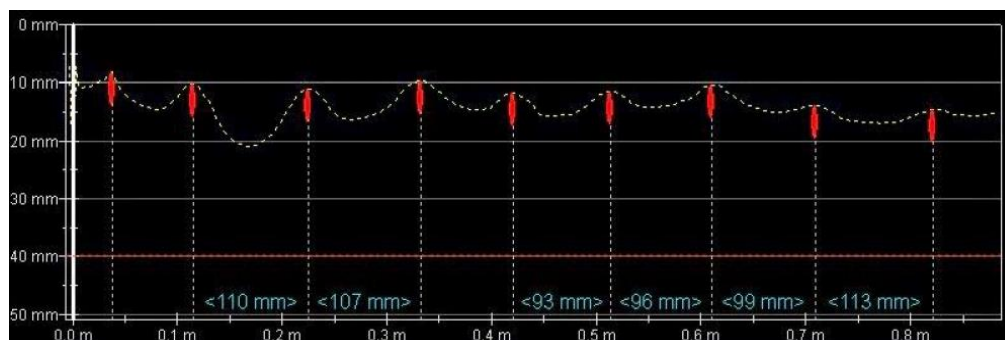
Poloha hlavní i rozdělovací výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS 1000. V místě křížení hlavní a rozdělovací výztuže byla následně provedena sekaná sonda pro určení typu, průměru a míry koroze výztuže.



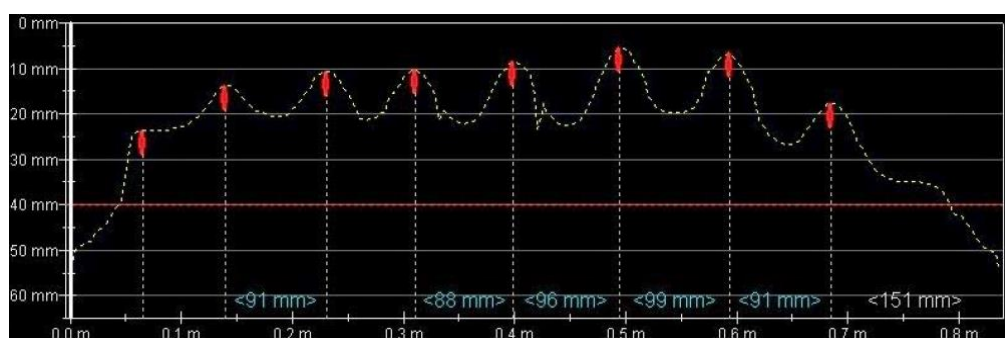
**Obr. 5.35:** Sekaná sonda na zkušebním místě 4D v desce

Výstupy z profometru ukázaly, že síť hlavní a rozdělovací výztuže v konstrukci je hladká o  $\varnothing$  5 mm a umístěná přibližně ve stejných vzdálenostech. Průměrná vzdálenost hlavní výztuže je 100 mm s krytím 8 až 15 mm, průměrná vzdálenost rozdělovací výztuže je 90 mm s krytím

5 až 10 mm. U výstupu z profometru při znázornění vzdálenosti rozdělovací výztuže vznikla z důvodu zaoblení konstrukce deformace křivky na okrajích. Závěrem lze konstatovat, že zjištěná výztuž v daném místě prvku odpovídala projektové dokumentaci.



**Obr. 5.36:** Výstup z profometru sondy 4D znázorňující průměrnou vzdálenost hlavní výztuže 100 mm a krytí 8 až 15 mm



**Obr. 5.37:** Výstup z profometru sondy 4D znázorňující průměrnou vzdálenost rozdělovací výztuže 90 mm a krytí 5 až 10 mm

Při určování tloušťky desky bylo zjištěno, že tloušťka podlahy je cca 35 mm a tloušťka desky 75 mm, což neodpovídalo projektové dokumentaci, jelikož podle ní by tloušťka desky měla být 80 mm.

**Tab. 5.12:** Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení desky – Sonda 4D

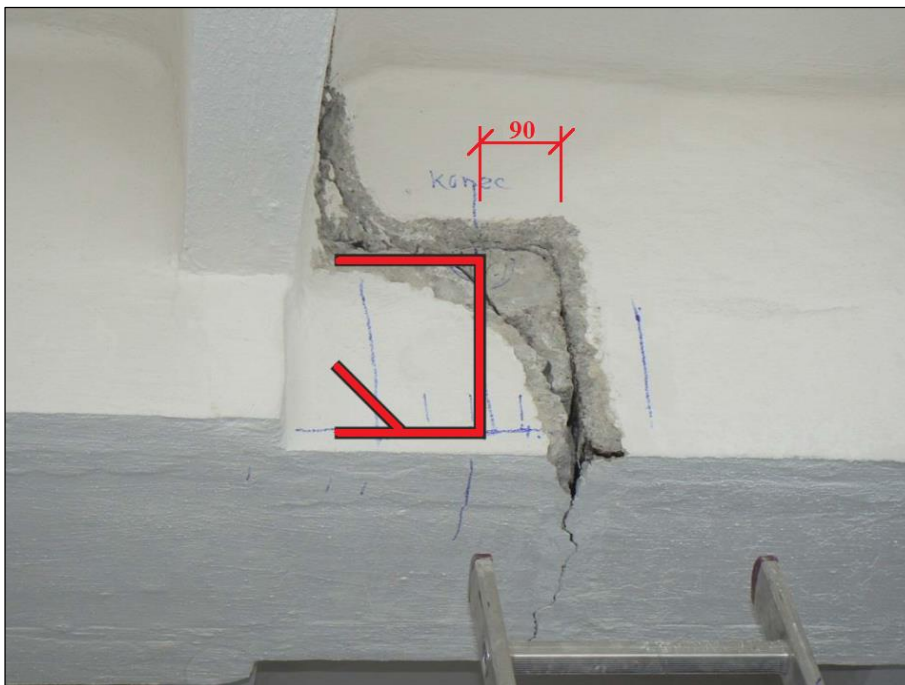
Výsledky stanovení vyztužení stropní desky – Sonda 4D	
<b>Zjištěno:</b>	<u>svařovaná síť z hladkých výztuží:</u> : hlavní výztuž hladká Ø 5 mm po 100 mm (krytí 8 - 15 mm) : rozdělovací výztuž hladká Ø 5 mm po 90 mm (krytí 5 - 10 mm) : tloušťka desky 75 mm
<b>Dle projektu:</b>	pletivo 100 mm x 100 mm : tloušťka desky 80 mm
<b>Porovnání s projektem</b>	
- zjištěná výztuž v daném místě prvku víceméně odpovídá projektu - deska má v měřeném místě mírně menší tloušťku → 75 mm místo 80 mm	

### 5.2.5 Stanovení vyztužení a příčiny poškození ozubu průvlaku v místě dilatace ve stropu nad 4. NP

Jelikož docházelo ke vzniku výrazných trhlin, byla provedena Sonda 4 u ozubu průvlaku v místě dilatace ve stropu nad 4. NP (přesná poloha je označena na *Obr. 5.7*).

Poloha výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS 1000.

Stanovením polohy vyztužení se zjistilo, že tvar vyztužení odpovídá výkresové dokumentaci, ale poloha výztuže nedosahovala až do konce prvku. Důvodem drcení betonu a odtržení koncové části ozubu je velká vzdálenost konce vyztužení prvku od čela ozubu (90 mm).



**Obr. 5.38:** Schématické znázornění polohy hlavní výztuže v ozubu průvlaku u dilatace

### 5.2.6 Výsledky stanovení vyztužení vybraných prvků ze všech nadzemních podlaží

*Při stanovení vyztužení bylo u vybraných prvků zjištěno:*

**Průvlaky a žebra** byly vyztuženy tak, že jejich hlavní výztuž lze považovat za shodnou s projektovou dokumentací. U žebra ve stropu nad 2. NP a 3.NP (sondy 2T a 3T) bohužel nebyly k dispozici jejich výkresy. Mezi reálným stavem a výkresovou dokumentací byly zjištěny odchylky v roztečích třmínků.

U všech zkoumaných **sloupů** lze také považovat počet hlavních výztuží za shodný s projektovou dokumentací. Pouze v jednom případě (sonda 3S) se hlavní výztuž lišila větším průměrem. Oproti projektu byly jiné pouze třmínky, jak z hlediska typu, tak i průměru a jejich roztečí. Zjištěné odchylky byly však na stranu bezpečnou.

Vyztužení **desek** zcela odpovídalo projektové dokumentaci. Pouze u stropní desky nad 4. NP (sonda 4D) byla zjištěna oproti projektu mírně menší tloušťka (75 mm místo 80 mm).

Stanovení polohy výztuže **ozubu průvlaku** bylo zjištěno, že tvar vyztužení odpovídá výkresové dokumentaci, ale poloha výztuže nedosahovala až do konce prvku. Důvodem drcení betonu a odtržení koncové části ozubu je velká vzdálenost konce vyztužení prvku od čela ozubu (90 mm).

Závěrem bylo v rámci stanovení vyztužení vybraných prvků zjištěno, že prakticky ve všech posuzovaných průřezích odpovídalo vyztužení dle projektové dokumentace. Většinou byly zjištěné pouze odchylky v roztečích třmínků.

## 6. STATICKÝ POSUDEK VYBRANÝCH ČÁSTÍ KONSTRUKCE

Objekt č. 24 (část tzv. pětietážovka) se nachází v průmyslovém areálu Fatry Napajedla. Charakteristickým znakem tohoto objektu je především jeho vzhled, který poukazuje na svůj původ tzv. „Baťův skelet“. Jedná se o masivní železobetonový pětipodlažní nepodsklepený objekt s plochou střechou o čtrnácti podélných a třech příčných polích s osovými vzdálenostmi 6 m. Nosnou svislou konstrukci tvoří kruhové sloupky o průměru 0,65 m. Vodorovné nosné části mezi sloupky v podélném směru tvoří průvlaky rozšířené vodorovnými náběhy u sloupů. Strop byl vyroben jako železobetonová deska nesená příčnými žebry.

Pro statické posouzení byly vybrány dva nosné prvky konstrukce – stropní deska a stropní průvlak. Jednotlivé tloušťky, hodnoty krytí výztuže a pevnosti betonu byly stanoveny při stavebně technickém průzkumu. Statickým výpočtem byly ověřovány pouze prvky v 1. NP, jelikož výsledky z měření vykazovaly nejhorší kvalitu betonu právě v tomto nadzemním podlaží. Vlastnosti použité ocelové výztuže u stropní desky se uvažovaly na základě doporučení normy ISO 13822 jako výztuž 10 216 E (hladká výztuž bez žebrování) a u stropního průvlaku výztuž 10 400 B typu III A vycházející z projektové dokumentace.

Z hlediska zatížení konstrukce byla u stropní desky uvažována pouze vlastní tíha konstrukce a užité zatížení. U stropního průvlaku byla uvažována kromě vlastní tíhy konstrukce také zatížení od stropní desky, stropních žebér a užité zatížení. V obou případech se uvažovalo užité zatížení dle normy ČSN EN 1991-1 [86] viz *Tab. 6.1*. Následně byly vytvořeny zatěžovací stavy, přičemž v každé kombinaci byl obsažen jeden z šachů, který vyvozoval nejhorší účinek.

**Tab. 6.1:** Kategorie ploch pro skladování a průmyslovou činnost s příslušnými hodnotami užitého zatížení [58]

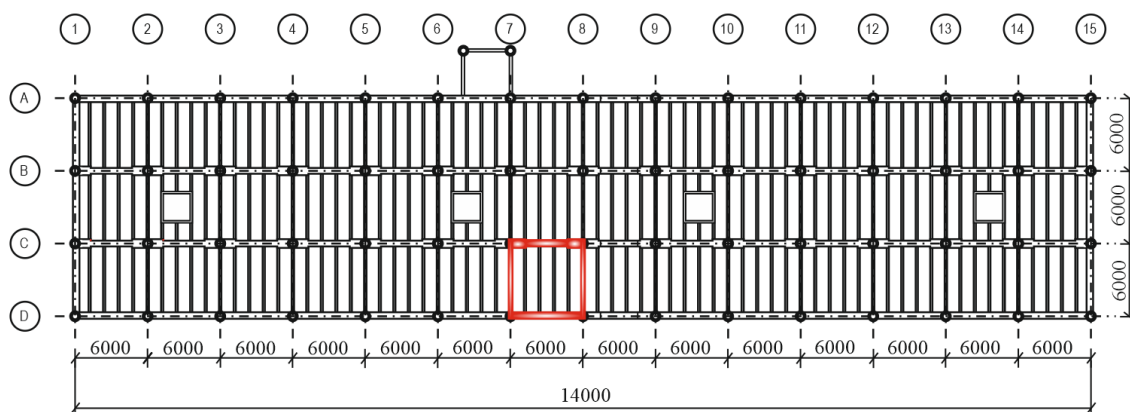
Kategorie	Stanovené použití	Příklad	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
E1	plochy, kde může docházet k hromadění zboží, včetně přístupových ploch	plochy pro skladování včetně skladů knih a dalších dokumentů	7,5	7,0
E2	průmyslová účinnost			

Při statickém výpočtu se v případě stropní desky uvažoval prvek jako spojitý nosník o pěti polích, stropní průvlak se uvažoval jako oboustranně vetknutý spojitý nosník o čtrnácti polích a po konzultaci s vedoucím práce se v tomto případě navíc uvažovalo pro zjednodušení výpočtu bez započítání vlivu sloupů. Všechny vnitřní síly byly vypočítané v programu SCIA Engineer.

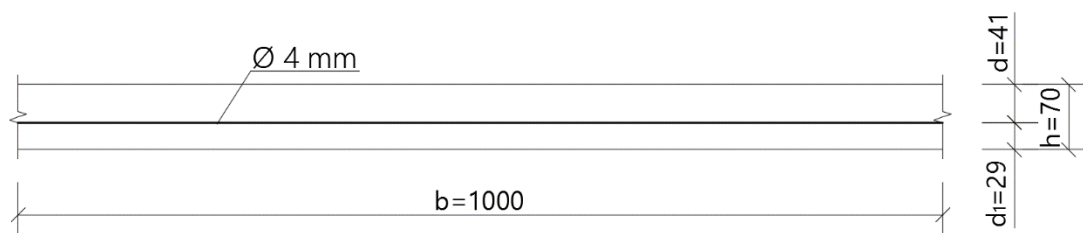
## 6.1 Statický posudek stropní desky v 1. NP

### 1. GEOMETRIE

Při výpočtu se zde uvažuje pro zjednodušení šířka průřezu stropní desky 1 m (průměrná hodnota).



**Obr. 6.1:** Půdorys průmyslové haly s červeně označenou stropní deskou v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupky C-D pro statický posudek



**Obr. 6.2:** Průřez stropní desky v 1.NP – v poli 7-8 mezi sloupky C-D s uvažovanou šířkou průřezu 1 m

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$h_{\text{DESKA}} = 0,070 \text{ m}$$

$$t_{\text{PODLAHA}} = 0,045 \text{ m}$$

### 2. ZATÍŽENÍ

$$g_k = (h_{\text{DESKA}} + t_{\text{PODLAHA}}) \cdot b \cdot \gamma_{\text{ZB}} = (0,070 + 0,045) \cdot 1 \cdot 25 = 2,88 \text{ kN/m}$$

$$g_d = \gamma_G \cdot g_k = 1,35 \cdot 2,88 = 3,88 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 7,5 \text{ kN/m} \text{ - platí pro kategorie E (průmyslové plochy)}$$

$$q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1,5 \cdot 7,5 = 11,25 \text{ kN/m}$$



### 3. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton : C12/15

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 12 + 8 = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 0,3 \cdot 12^{(2/3)} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22 \cdot \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left( \frac{20}{10} \right)^{0,3} = 27 \text{ MPa}$$

Typ oceli 10 216 E: 10×Ø 4 / 1 m

$$A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot 0,004^2}{4} \cdot 10 = 1,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{yk} = 210 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{210}{1,15} = 180 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{180 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^9} = 0,90 \text{ ‰}$$

### 4. KOMBINACE

$$\begin{aligned} 6.10a: & \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ 6.10b: & \sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}} \right\}$$

Uvažuje se méně příznivá kombinace z obou výrazů. Jde o doporučený postup pro mezní stavy STR a GEO podle ČSN EN 1990 ed. 2 [85].

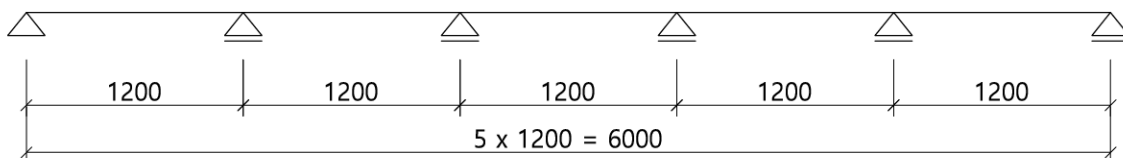
- vypočteno dle programu SCIA Engineer verze 16.0

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

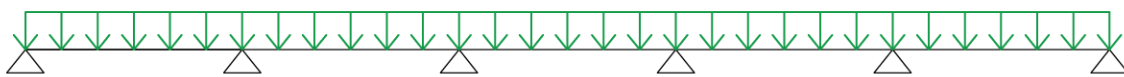
## 5. SCHÉMATA UVAŽOVANÝCH ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

### ZS 1 - vlastní tíha



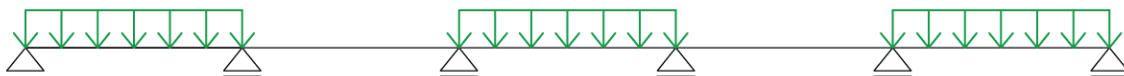
### ZS 2 - užité zatížení (šach 1)

$q_d = 11,25 \text{ kN/m}$



### ZS 2 - užité zatížení (šach 2)

$q_d = 11,25 \text{ kN/m}$



### ZS 2 - užité zatížení (šach 3)

$q_d = 11,25 \text{ kN/m}$

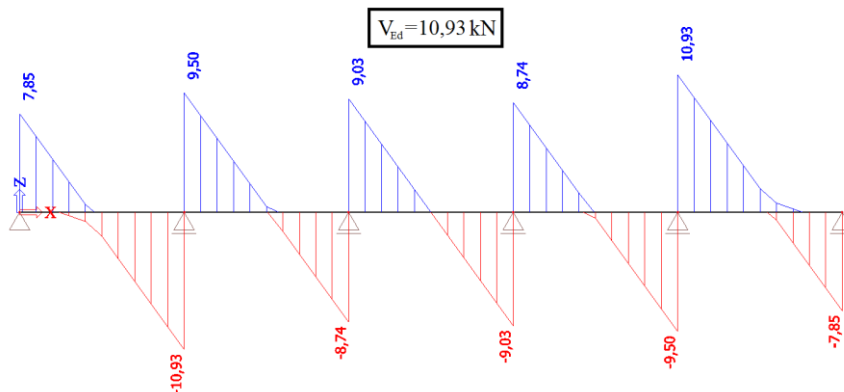


**Obr. 6.3:** Zatěžovací stavy vybrané stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D

## 6. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

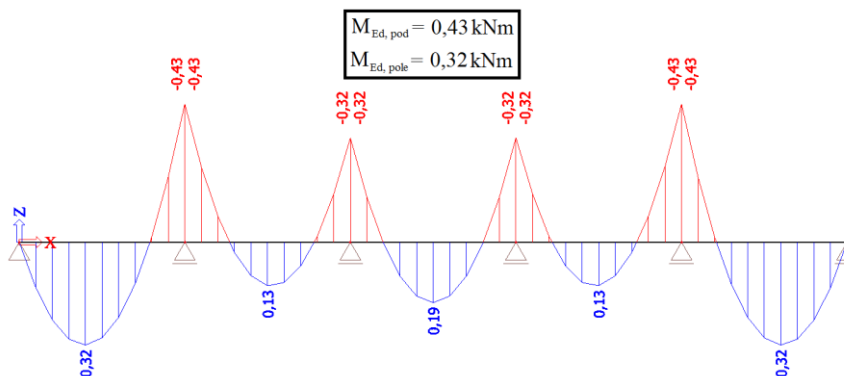
- vnitřní síly byly vypočteny v programu SCIA Engineer verze 16.0

### Posouvající síly: vlastní tíha + užité zatížení



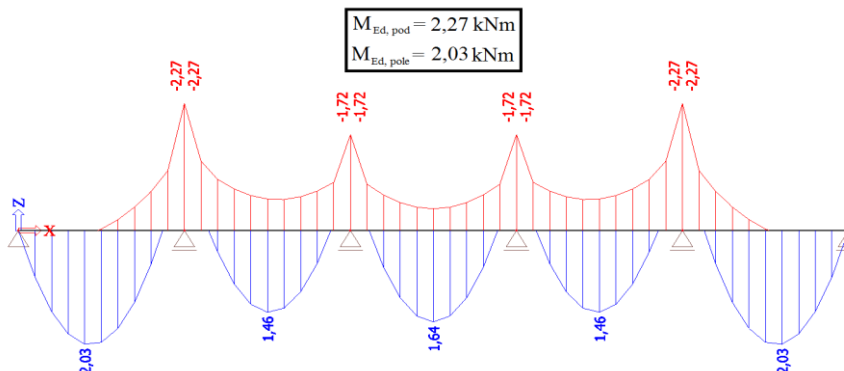
Obr. 6.4: Posouvající síly (vlastní tíha + užité zatížení) stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D

### Ohybové momenty: vlastní tíha



Obr. 6.5: Ohybové momenty (vlastní tíha) stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D

### Ohybové momenty: vlastní tíha + užité zatížení



Obr. 6.6: Ohybové momenty (vlastní tíha + užité zatížení) stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D

## 7. MSÚ – POSOUZENÍ NA OHYB

Výpočet polohy neutrální osy ze silové podmínky rovnováhy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_s \cdot f_{yd} = \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b \rightarrow x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{1,26 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 10^6} = 0,004 \text{ m}$$

Výpočet polohy těžiště výztuže a účinné výšky průřezu:

$$d_1 = c + \frac{\varnothing}{2} = 0,027 + \frac{0,004}{2} = 0,029 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 0,07 - 0,029 = 0,041 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{0,0035}{0,0035} \cdot (0,0410 - 0,0035) = 0,0375 \rightarrow 37,50 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 37,50 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 0,90 \text{ ‰} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Rameno vnitřních sil:

$$z_c = d - \frac{x}{2} \cdot \lambda = 0,041 - \frac{0,0035}{2} \cdot 0,8 = 0,0396 \text{ m}$$

Kontrola únosnosti průřezu:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_{sc} = 1,26 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^3 \cdot 0,0396 = 0,90 \text{ kNm}$$

a) Posouzení z hlediska vlastní síly:

$$M_{Rd} = 0,90 \text{ kNm} \geq M_{Ed, \text{pod, vl. tíha}} = 0,43 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

$$M_{Rd} = 0,90 \text{ kNm} \geq M_{Ed, \text{pole, vl. tíha}} = 0,32 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

b) Posouzení z hlediska vlastní síly + užité zatížení:

$$M_{Rd} = 0,90 \text{ kNm} \leq M_{Ed, \text{pod, vl. tíha} + \text{užité}} = 2,27 \text{ kNm} \quad \text{NEVYHOVUJE!}$$

$$M_{Rd} = 0,90 \text{ kNm} \leq M_{Ed, \text{pole, vl. tíha} + \text{užité}} = 2,03 \text{ kNm} \quad \text{NEVYHOVUJE!}$$

### Zatížitelnost:

- výpočet zatížitelnost stropní desky je proveden v rozhodujícím místě nad podporou
- předpokladem je využití únosnosti průřezu na 80%

$$\Delta M_{Rd} = 0,8 \cdot M_{Rd} - M_{Ed, \text{pod, vl. tíha}} = 0,8 \cdot 0,898 - 0,43 = 0,29 \text{ kNm}$$

$$q_{k, \text{dop}} = \frac{q_k \cdot \Delta M_{Rd}}{M_{Ed, \text{vl. tíha} + \text{užitné}}} = \frac{7,5 \cdot 0,288}{2,27 - 0,43} = 1,17 \text{ kN/m}^2$$

### 8. MSÚ – POSOUZENÍ NA SMYK

Výpočet hodnoty návrhové únosnosti ve smyku:

$$V_{Rd, c} = c_{Rd, c} \cdot k_v \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$c_{Rd, c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_v = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{41}} = 3,21 > 2,0$$

NEVYHOVUJE →  $k_v = 2,0$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{1,26 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 0,041} = 0,0031 < 0,02$$

VYHOVUJE

$$V_{Rd, c} = c_{Rd, c} \cdot k_v \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 0,12 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,0031 \cdot 12)^{1/3} \cdot 1 \cdot 0,041 \cdot 10^3 = 15,25 \text{ kN}$$

$$V_{Rd, c, \text{min}} = v_{\text{min}} \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{\text{min}} = 0,035 \cdot k_v^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 12^{1/2} = 0,34 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd, c, \text{min}} = v_{\text{min}} \cdot b_w \cdot d = 0,34 \cdot 1 \cdot 0,041 \cdot 10^3 = 14,06 \text{ kN}$$

$$V_{Rd, c} \geq V_{Rd, c, \text{min}}$$

$$V_{Rd, c} = 15,25 \text{ kN} \geq V_{Rd, c, \text{min}} = 14,06 \text{ kN}$$

VYHOVUJE!

$$V_{Rd, c} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd, c} = 15,25 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 10,93 \text{ kN}$$

VYHOVUJE!

### **6.1.1 Závěrečné vyhodnocení statického posudku stropní desky v 1. NP**

Statickým výpočtem byl nejprve ověřen mezní stav únosnosti pro ohyb a poté pro smyk. Na základě laboratorních zkoušek byla charakteristická pevnost betonu v tlaku v 1. NP stanovena na hodnotu  $f_{ck, is} = 16,7$  MPa a následně byl beton zařazen do pevnostní třídy C 12/15, který splňuje požadavky současných norem pro beton do nosných železobetonových konstrukcí.

Při posuzování stropní desky na ohyb z hlediska vlastní tíhy vyhověla, ale při započítání užitého zatížení už dle dnešních norem nevyhověla. Poté se stanovila její zatížitelnost s předpokládaným využitím únosnosti na 80%, která vyšla  $1,17 \text{ kN/m}^2$ . Toto zatížení podle normy ČSN EN 1991-1 [86] není vhodné pro žádnou kategorii stropních konstrukcí.

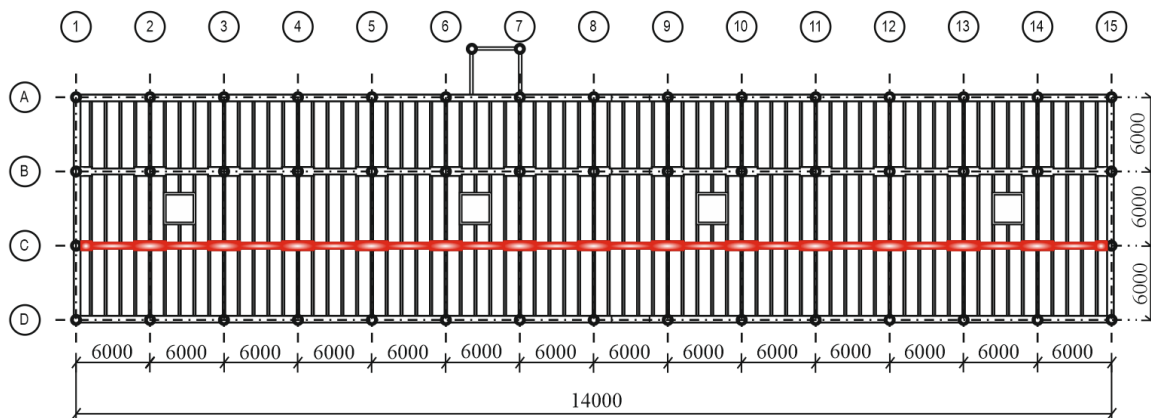
Nakonec se stropní deska posuzovala na smyk, přičemž hodnoty vyšly vyhovující dle dnešních norem.



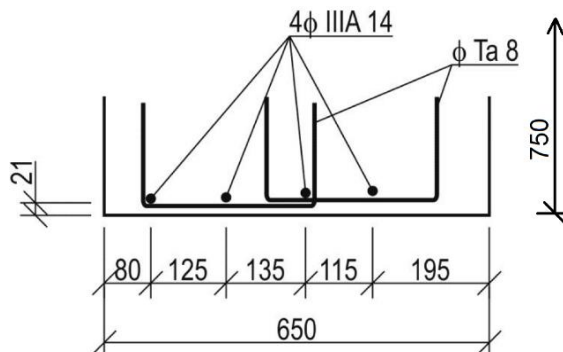
## 6.2 Statický posudek stropního průvlaku v 1. NP

### 1. GEOMETRIE

Pro zjednodušení se zde uvažuje s předpokladem oboustranně vetknutého spojitého nosníku bez započítání vlivu sloupů!



Obr. 6.7: Půdorys průmyslové haly s červeně označeným stropním průvlakem v 1. NP – řada C pro statický posudek



Obr. 6.8: Průřez stropního průvlaku v místě sondy 1P u podpory

$$b = 0,65 \text{ m}$$

$$h = 0,75 \text{ m}$$

### 2. ZATÍŽENÍ

$$g_{k, \text{deska}} = (t_{\text{DESKA}} + t_{\text{PODLAHA}}) \cdot b \cdot \gamma_{\text{žB}} = (0,070 + 0,045) \cdot 6 \cdot 25 = 17,25 \text{ kN/m}$$

$$G_{k, \text{žebra}} = b_{\text{žEBRO}} \cdot h_{\text{žEBRO}} \cdot L_{\text{žebro}} \cdot \gamma_{\text{žB}} = 0,14 \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot 25 = 8,40 \text{ kN}$$

$$q_k = 7,5 \text{ kN/m} - \text{platí pro kategorie E (průmyslové plochy)}$$

$$q_d = \gamma_Q \cdot q_k = 1,5 \cdot 7,5 = 11,25 \text{ kN/m}$$

### 3. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Beton : C12/15

$$f_{ck} = 12 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 12 + 8 = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 0,3 \cdot 12^{(2/3)} = 1,6 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22 \cdot \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3} = 22 \cdot \left( \frac{20}{10} \right)^{0,3} = 27 \text{ MPa}$$

Typ oceli : IIIA

$$f_{yk} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,8 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{400 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^9} = 1,74 \text{ ‰}$$

### 4. KOMBINACE

$$6.10a: \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10b: \sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Uvažuje se méně příznivá kombinace z obou výrazů. Jde o doporučený postup pro mezní stavy STR a GEO podle ČSN EN 1990 ed. 2 [85].

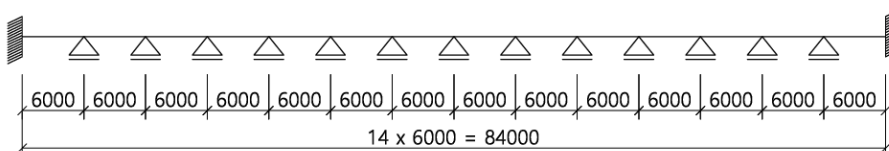
- vypočteno dle programu SCIA Engineer verze 16.0

$$\gamma_G = 1,35$$

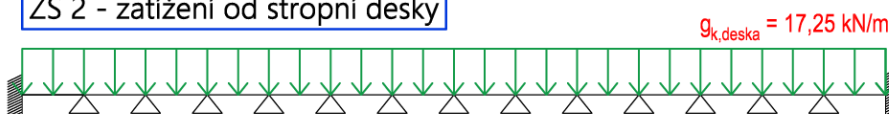
$$\gamma_Q = 1,50$$

## 5. SCHÉMATA UVAŽOVANÝCH ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ

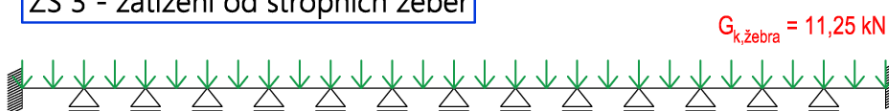
ZS 1 - vlastní tíha



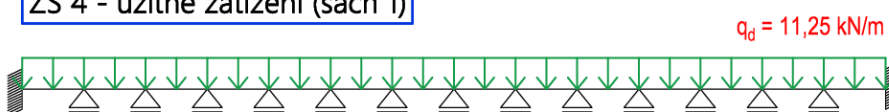
ZS 2 - zatížení od stropní desky



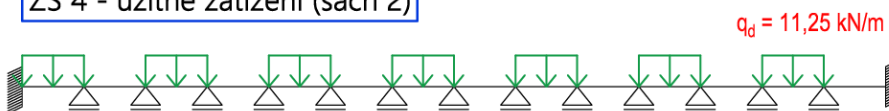
ZS 3 - zatížení od stropních žeber



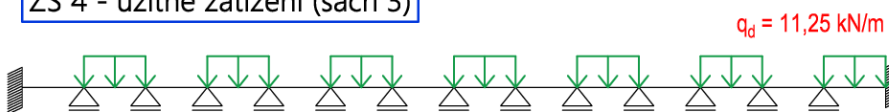
ZS 4 - užité zatížení (šach 1)



ZS 4 - užité zatížení (šach 2)



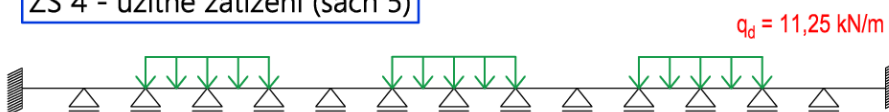
ZS 4 - užité zatížení (šach 3)



ZS 4 - užité zatížení (šach 4)



ZS 4 - užité zatížení (šach 5)

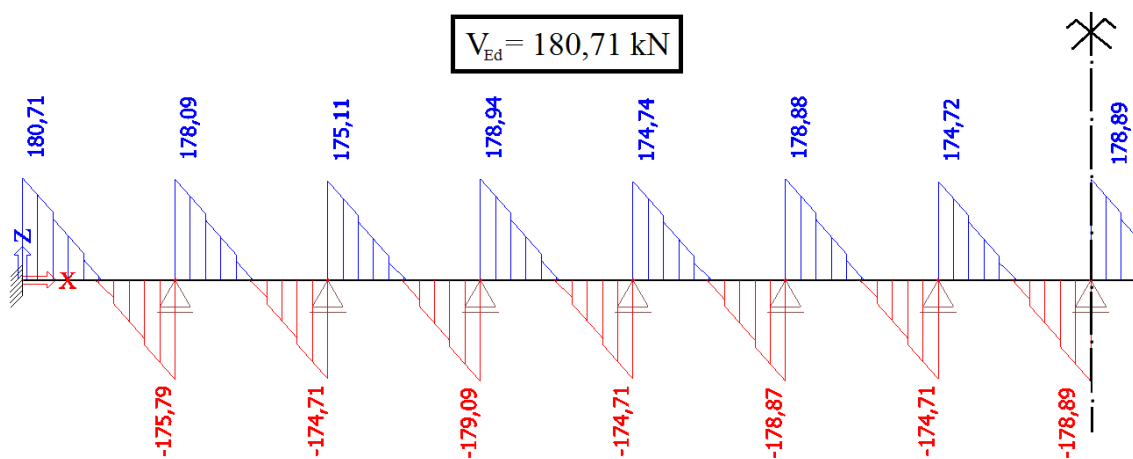


Obr. 6.9: Zatěžovací stavy vybraného stropního průvlaku v 1. NP – řada C

## 6. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL

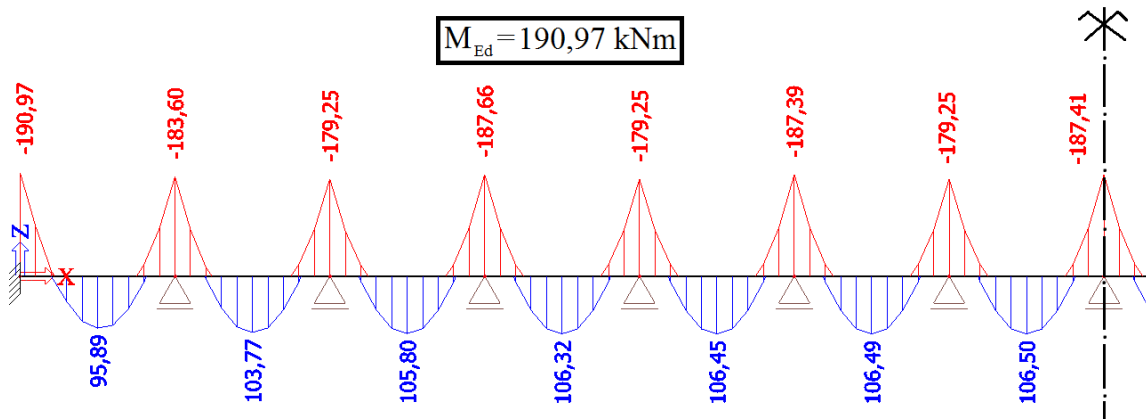
- vnitřní síly byly vypočteny v programu SCIA Engineer verze 16.0

### Posouvající síly



Obr. 6.10: Posouvající síly do poloviny rozpětí stropního průvlaku v 1. NP – řada C

### Ohybové momenty



Obr. 6.11: Ohybové momenty do poloviny rozpětí stropního průvlaku v 1. NP – řada C

## 7. MSÚ – POSOUZENÍ NA OHYB

Kontrola míry vyztužení:

$$4 \times \varnothing \text{III A } 14 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot 0,014^2}{4} \cdot 4 = 6,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d = 0,26 \cdot \frac{1,6}{400} \cdot 0,65 \cdot 0,722 = 4,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$> 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 0,65 \cdot 0,722 = 6,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_{s,\max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot b \cdot h = 0,04 \cdot 0,65 \cdot 0,75 = 1,95 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_s = 6,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 > A_{s,\min} = 6,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$A_s = 6,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 < A_{s,\max} = 1,95 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Výpočet polohy neutrální osy ze silové podmínky rovnováhy:

$$F_{st} = F_{cc}$$

$$A_s \cdot f_{yd} = \lambda \cdot x \cdot f_{cd} \cdot b \rightarrow x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\lambda \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{6,16 \cdot 10^{-4} \cdot 347,8 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 0,65 \cdot 8 \cdot 10^6} = 0,052 \text{ m}$$

Výpočet polohy těžiště výztuže a účinné výšky průřezu:

$$d_1 = c + \frac{\varnothing}{2} = 0,021 + \frac{0,014}{2} = 0,028 \text{ m}$$

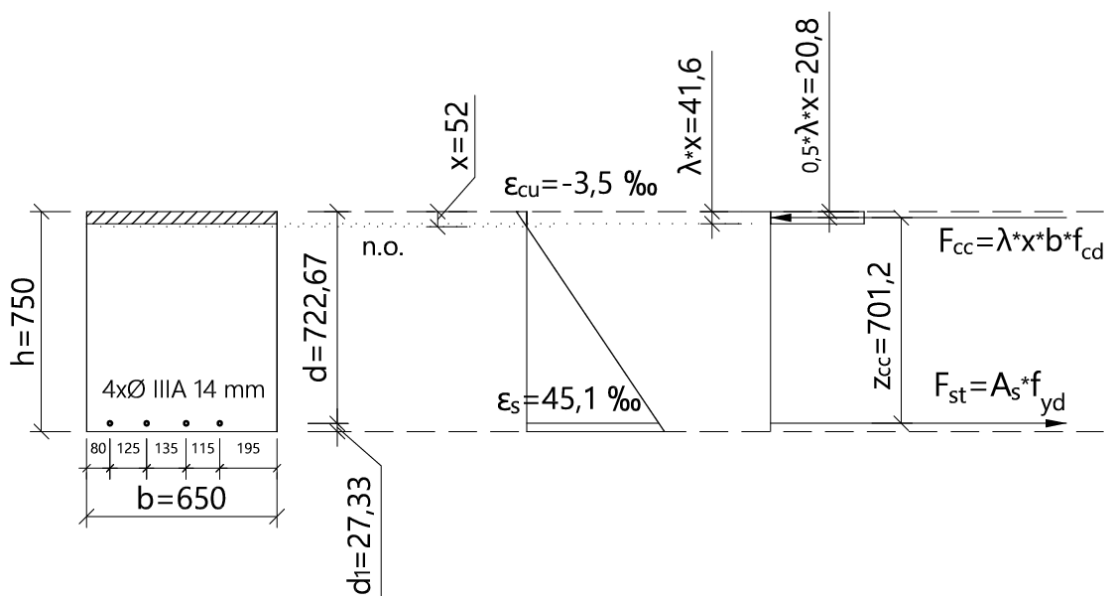
$$d = h - d_1 = 0,75 - 0,028 = 0,722 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření výztuže:

$$\varepsilon_s > \varepsilon_{yd}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} \cdot (d - x) = \frac{0,0035}{0,052} \cdot (0,722 - 0,052) = 0,0451 \rightarrow 45,10 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 45,10 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = 1,74 \text{ ‰} \quad \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 6.12: Schéma posouzení jednostranně vyztuženého průřezu

Rameno vnitřních sil:

$$z_c = d - \frac{x}{2} \cdot \lambda = 0,722 - \frac{0,052}{2} \cdot 0,8 = 0,7012 \text{ m}$$

Kontrola únosnosti průřezu:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 6,16 \cdot 10^{-4} \cdot 347,8 \cdot 10^3 \cdot 0,7012 = 150,23 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 190,97 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 150,23 \text{ kNm} \leq M_{Ed} = 190,97 \text{ kNm} \quad \text{NEVYHOVUJE!}$$

- dle dnešních norem NEVYHOVUJE → řešením by bylo zvětšit průřez nebo počet ohybové výztuže



## 8. MSÚ – POSOUZENÍ NA SMYK

Výpočet hodnoty návrhové únosnosti ve smyku:

$$V_{Rd,c} = c_{Rd,c} \cdot k_v \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$$

$$c_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k_v = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{722}} = 1,53 < 2,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} = \frac{6,16 \cdot 10^{-4}}{0,65 \cdot 0,722} = 0,0013 < 0,02 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{Rd,c} = c_{Rd,c} \cdot k_v \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d = 0,12 \cdot 1,53 \cdot (100 \cdot 0,0013 \cdot 12)^{1/3} \cdot 0,65 \cdot 0,722 \cdot 10^3 = 99,93 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k_v^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,53^{3/2} \cdot 12^{1/2} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0,23 \cdot 0,65 \cdot 0,722 \cdot 10^3 = 107,47 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} \geq V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c} = 99,93 \text{ kN} \leq V_{Rd,c,min} = 107,47 \text{ kN} \quad \text{NEVYHOVUJE!}$$

- dle dnešních norem NEVYHOVUJE → řešením by bylo např. zvětšit rozměry průřezu stropního průvlaku

$$V_{Rd,c} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd,c} = 99,93 \text{ kN} \leq V_{Ed} = 180,71 \text{ kN} \quad \text{NEVYHOVUJE!}$$

- vyžaduje se zde návrh smykové výztuže a započítání únosnosti třmínků

## 9. MSÚ – POSOUZENÍ NA SMYK S UVAŽOVÁNÍM ÚNOSNOSTI TŘMÍNKŮ

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z_c \cdot v_L \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z_c \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}; V_{Rd,s})$$

$$4 \times \varnothing \text{ Ta } 8 \text{ mm}$$

$$A_{sw} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot n_s = \frac{\pi \cdot 0,008^2}{4} \cdot 4 = 2,011 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$f_{ywd} = f_{yd} = 347,8 \text{ MPa}$$

$$\theta = 21,8^\circ$$

**Posouzení konstrukčních zásad:**

c) *Ověření osově vzdálenosti třmínků:*

$$s_{\text{třm}} = 0,24 \text{ m} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,722 = 0,542 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_{\text{třm}} = 0,24 \text{ m} \leq 0,4 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$0,75 \cdot d = 0,542 \text{ m} \geq 0,4 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

d) *Ověření osově vzdálenosti větví třmínků:*

$$s_t = b_w - 2 \cdot c - \varnothing_{st} = 0,65 - 2 \cdot 0,012 - 0,008 = 0,618 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$s_t = 0,618 \text{ m} \leq 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 0,722 = 0,542 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\leq 0,6 \text{ m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

e) *Stupeň vyztužení:*

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w \cdot s} = \frac{2,011 \cdot 10^{-4}}{0,65 \cdot 0,24} = 0,0013$$

$$\rho_{w,\min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{12}}{400} = 0,0007$$

$$\rho_w = 0,0013 \geq \rho_{w,\min} = 0,0007 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Smyková únosnost průřezu při započítání únosnosti třmínků:**

$$\alpha_{cw} = 1,0$$

$$v_L = v = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0,6 \cdot \left[ 1 - \frac{12}{250} \right] = 0,57$$

$$V_{Rd,\max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z_c \cdot v_L \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)} = \frac{1,0 \cdot 0,65 \cdot 0,7012 \cdot 0,57 \cdot 8 \cdot 10^3}{\cot(21,8^\circ) + \tan(21,8^\circ)} = 716,64 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z_c \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta) = \frac{2,011 \cdot 10^{-4}}{0,24} \cdot 0,7012 \cdot 347,8 \cdot \cot(21,8^\circ) = 510,91 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,\max}; V_{Rd,s}) = \min(716,64; 510,91) = 510,91 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = 510,91 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 180,71 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE!}$$

### **6.2.1 Závěrečné vyhodnocení statického posudku stropní průvlaku v 1. NP**

Při posuzování stropního průvlaku byl statickým výpočtem také nejprve ověřen mezní stav únosnosti pro ohyb a následně pro smyk. Jelikož byl pro statický posudek vybrán stropní průvlak taktéž z 1. NP, tak i zde se uvažovala stejná pevnostní třída betonu jako u statického výpočtu stropní desky (C 12/15).

Stropní průvlak při namáhání na ohyb dle dnešních norem nevyhověl, a proto by možným řešením bylo zvětšit průřez prvku nebo počet ohybové výztuže. Při posuzování na smyk prvek také nevyhověl na minimální návrhovou hodnotu únosnosti ve smyku a bylo zde navíc nutné uvažovat návrh smykové výztuže a započítání únosnosti třmínků, kde prvek již požadavkům dnešních norem vyhověl.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo v teoretické části seznámení s platnými postupy pro stavebně technický průzkum a hodnocení existujících konstrukcí. V této části byly také uvedeny nejčastější problémy železobetonových konstrukcí a jejich vhodné metody pro provedení diagnostiky, zejména byl popsán jejich základní princip, způsob využití včetně jejich výhod a omezení. Co se týče praktické části, tak jejím cílem bylo provést stavebně technický průzkum průmyslové haly a celkové zhodnocení tohoto objektu na základě výsledků získaných z diagnostických zkoušek. V samotném závěru byl proveden statický posudek vybraných prvků dle současných normových předpisů. Všechny tyto cíle v rámci zadání diplomové práce lze považovat za splněné.

Teoretická část je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola je zaměřena na hodnocení a posuzování existujících konstrukcí, v druhé kapitole jsou přehledně popsány základní stavební průzkumy, v třetí kapitole jsou popsány nejčastější problémy železobetonových konstrukcí, základní vlastnosti betonu a ocelové výztuže, poslední kapitola obsahuje přehled destruktivních a nedestruktivních metod používaných v diagnostice železobetonových konstrukcí.

V praktické části byla věnována pozornost především stavebně technickému průzkumu železobetonové haly (objekt č. 24) v průmyslovém areálu Fatra Napajedla. Jsou zde popsány základní informace objektu, historie společnosti, použité diagnostické metody a vyhodnocení získaných výsledků. Na základě zvolných diagnostických metod byl proveden průzkum nosných prvků stropů nad 1., 2., 3. a 4. NP v každém podlaží zahrnoval sloupy pod stropem, průvlaky, žebra a desku stropní konstrukce. Průzkumy byly provedeny dva, a to v roce 2015, kdy byl proveden průzkum pouze pro 4. NP z důvodu plánované změny zatížení stropu kolejovými vozíky, a v následujícím roce 2016 pro ostatní zbylá nadzemní podlaží (1., 2., 3. NP). V rámci průzkumu byly nejprve z vybraných míst odebrány jádrové vývrty pro ověření materiálových charakteristik betonu konstrukce (vyhodnocení pevnosti betonu v tlaku) a následně bylo ověřováno dodržení vyztužení dle projektové dokumentace, která byla z velké části k dispozici.

### Ověření materiálových charakteristik betonu konstrukce:

Z hlediska vlastností betonu nosných konstrukcí bylo odebráno 24 jádrových vývrtů, z nichž bylo následně vyrobeno celkem 42 zkušebních těles. Betonu z jednotlivých částí konstrukce byly po vyhodnocení laboratorních zkoušky přiřazeny tyto pevnostní třídy dle ČSN EN 13791 [84]:

<b>Beton stropní kce nad 1. NP</b>	$(f_{ck, is} = 16,7 \text{ MPa} \geq 12,5 \text{ MPa})$	<b>C 12/15</b>
<b>Beton stropní kce nad 2. NP</b>	$(f_{ck, is} = 18,4 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>
<b>Beton stropní kce nad 3. NP</b>	$(f_{ck, is} = 18,8 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>
<b>Beton stropní kce nad 4. NP</b>	$(f_{ck, is} = 23,3 \text{ MPa} \geq 21,3 \text{ MPa})$	<b>C 20/25</b>
<b>Beton sloupů v 1. NP až 3. NP</b>	$(f_{ck, is} = 18,1 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>
<b>Beton sloupů ve 4. NP</b>	$(f_{ck, is} = 17,1 \text{ MPa} \geq 17,0 \text{ MPa})$	<b>C 16/20</b>

Z naměřených výsledků zkoušek na pevnost betonu v tlaku je patrné, že beton stropních konstrukcí i beton sloupů ve všech nadzemních podlažích **splňují požadavky** současných norem **pro beton nosných železobetonových konstrukcí**, kdy se požaduje minimální pevnostní třída **C 12/15** pro konstrukční beton. Největší kvalitu betonu má dle naměřených výsledků stropní konstrukce nad 4. NP (C 20/25), naopak nejnižší kvalitu betonu má stropní konstrukce nad 1. NP (C 12/15). Beton v ostatních stropních konstrukcích a sloupech vykazoval stejnou pevnostní třídu C 16/20. Jelikož bylo provedeno ověřování betonu sloupů v jednotlivých nadzemních podlažích pouze na dvou tělesech z jednoho sloupu, tak je možné, že při zvýšení počtu vzorků by dosáhlo vyšší pevnostní třídy jako je např. pevnostní třída stropní konstrukce nad 4. NP (C 20/25). Avšak kvalita betonu není nejlepší, kritéria pro beton C 16/20 byla ve všech případech splněna jen těsně.

### Ověření dodržení vyztužení dle projektové dokumentace:

**Průvlaky a žebra** byly vyztuženy tak, že jejich hlavní výztuž lze považovat za shodnou s projektovou dokumentací. U žebra ve stropu nad 2. NP a 3. NP (sondy 2T a 3T) bohužel nebyly k dispozici jejich výkresy. Mezi reálným stavem a výkresovou dokumentací byly zjištěny odchylky v roztečích třmínků.

U všech zkoumaných **sloupů** lze také považovat počet hlavních výztuží za shodný s projektovou dokumentací. Pouze v jednom případě (sonda 3S) se hlavní výztuž lišila větším průměrem. Oproti projektu byly jiné pouze třmínky, jak z hlediska typu, tak i průměru a jejich roztečí. Zjištěné odchylky byly však na stranu bezpečnou.

Vyztužení **desek** zcela odpovídalo projektové dokumentaci. Pouze u stropní desky nad 4. NP (sonda 4D) byla zjištěna oproti projektu mírně menší tloušťka (75 mm místo 80 mm).

Stanovením polohy výztuže **ozubu průvlaku** bylo zjištěno, že tvar vyztužení odpovídá výkresové dokumentaci, ale poloha výztuže nedosahovala až do konce prvku. Důvodem drcení betonu a odtržení koncové části ozubu je velká vzdálenost konce vyztužení prvku od čela ozubu (90 mm).

Závěrem bylo v rámci stanovení vyztužení vybraných prvků zjištěno, že prakticky ve všech posuzovaných průřezích odpovídalo vyztužení dle projektové dokumentace. Většinou byly zjištěné pouze odchylky v roztečích třmínků.

#### Statický posudek vybraných částí konstrukce:

Poslední kapitola praktické části se týkala provedení statického posudku vybraných částí konstrukce, při kterém byly vybrány dva nosné prvky (stropní deska a stropní průvlak) konstrukce z 1. NP, jelikož výsledky z laboratorních zkoušek vykazovaly nejhorší kvalitu betonu právě v tomto nadzemním podlaží. U obou prvků byly při statickém výpočtu ověřovány mezní stavy únosnosti jak pro ohyb, tak i pro smyk. Podrobné vyhodnocení se nachází u jednotlivých statických výpočtů.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY, INTERNETOVÝCH ODKAZŮ A CITOVANÝCH NOREM

### Seznam použité literatury

- [1] HOLICKÝ, Milan; NÁVAROVÁ, Vladislava; GOTTFRIED, Roman; KRONIKA, Michal; MARKOVÁ, Jana; SÝKORA, Miroslav; JUNG, Karel. *Základy hodnocení existujících konstrukcí*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, 2013, 113 s. ISBN 978-80-01-05419-2.
- [2] SCHMID, Pavel. *Praktické aspekty diagnostiky stavebních konstrukcí*. Brno: VUTUM, 2011, 39 s. ISBN 978-80-214-4327-3.
- [3] CIKRLE, Petr. *Diagnostické metody ve stavebnictví – Modul M01, přednášky*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM, 2011, 137 s.
- [4] VLČEK, Milan; BENEŠ, Petr. *Poruchy a rekonstrukce staveb - Modul 01*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM, 2006, 200 s.
- [5] HOBST, Leonard; ADÁMEK, Jiří; CIKRLE, Petr; SCHMID, Pavel. *Diagnostika stavebních konstrukcí – přednášky*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM, 2005, 125 s.
- [6] SCHMID, Pavel. *Zkušebnictví a technologie – Modul BI02-N02, stavební zkušebnictví*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM, 2009, 48 s.
- [7] CIKRLE, Petr; ANTON, Ondřej; DANĚK, Petr; KUCHARCZYKOVÁ, Barbara; MISÁK, Petr; KOMÁRKOVÁ, Tereza. *NDT Zkoušení ve stavebnictví – příručka kurzu ČŽV*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2016, 158 s.
- [8] ADÁMEK, Jiří a kolektiv. *Stavební látky – Beton – Modul BI01–M03*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM, 2010, 49 s.
- [9] TERZIJSKI, Ivailo. *Betonové prvky-Modul CM1, Základy navrhování konstrukcí, zatížení, materiály*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM, 2005, 66 s.
- [10] HEŘMÁNKOVÁ, Věra a kolektiv. *Zkušebnictví a technologie – cvičebnice*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2011, 100 s. ISBN 978-80-7204-758-1.
- [11] VESELÝ, Jan. *Zkoušky modulu pružnosti betonu*. Beroun, 2012, 125 s., 0 s. příl. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Hana Hanzlová, CSc.
- [12] HUŇKA, Petr; KOLÁŘ, Karel; BOUŠKA, Petr; ŘEHÁČEK Stanislav. *Vliv způsobů zakoncování tlačných ploch zkušebního tělesa na hodnotu statického modulu pružnosti v tlaku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2011, 103-112 s. ISBN 978-80-214-3438-9.
- [13] UNČÍK, Stanislav; ŠEVČÍK, Patrik. *Modul pružnosti betonu*. Trnava: Edícia betón racio, 2008, 24 s. ISBN 978-80-969182-3-2.
- [14] HALAMOVÁ, Romana. *Ověřování modulu pružnosti betonu v konstrukcích*. Brno, 2015, 48 s., 6 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Dalibor Kocáb, Ph.D.

- [15] POSPÍŠIL, Ondřej. *Diagnostika stavebních konstrukcí při hodnocení aktuálního stavu*. Brno, 2012, 57 s., 3 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
- [16] PIŠTĚKOVÁ, Marie. *Chemie stavebních látek – Modul BC02-M04, Fyzikálně chemické zkušební metody*. Brno: Studijní opory FAST VUT v Brně, CERM , 2005, 43 s.
- [17] NEDBAL, František; MAZUROVÁ, Milada; TRTÍK, Karel. *Speciální betony*. Praha: Svaz Výrobců Betonu ČR, 2001. ISBN 80-238-2678-6.
- [18] VYTLAČILOVÁ, Vladimíra; DVORSKÝ, Tomáš. *Permeabilita a vodotěsnost betonu, 4.1 Fyzikální a chemické vlastnosti stavebních hmot*. Brno: JUNIORSTAV, 2008.
- [19] ANTON, O. *Základy zkušebnictví: návody do cvičení*. Brno: CERM, 2002. 61 s. ISBN 8021420790
- [20] KIRSCHBAUM, Adam. *Hodnocení průmyslových objektů podle ČSN 13822*. Brno, 2016, 99 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Petr Cikrle, Ph.D.
- [21] BLAHA, Jaroslav. *Stavebně technický průzkum objektu*. Brno, 2016, 77 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

## Seznam použitých internetových odkazů

- [22] ANTON, Ondřej; CIKRLE, Petr. Betonové konstrukce památek a hodnocení na základě užití NDT metod. *www.stavba.tzb-info.cz*. [online]. 29.8.2016 [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/14612-betonove-konstrukce-pamatek-a-hodnoceni-na-zaklade-uziti-ndt-metod>
- [23] Stavebně historický průzkum. *www.npu.cz*. [online]. 7.6.2016 [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: <https://www.npu.cz/cs/npu-a-pamatkova-pece/npu-jako-institute/sluzby/stavebnehistoricky-pruzkum>
- [24] Profesionální stavebně-technický průzkum. *www.venkovskydum.cz*. [online]. [2014]. [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/profesionalni-stavebne-technicky-pruzkum/>
- [25] Průzkumy staveb. *www.technologie.fsv.cvut.cz*. [online]. [2010]. [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: <http://technologie.fsv.cvut.cz/122ytrh/get.php?id=150>
- [26] Beton s hlinitanovým cementem Progresivní pojivo, rychlé tvrdnutí Progresivní pojivo, rychlé tvrdnutí 30.-50. léta 20. století 30.-50. léta 20. století. *www.lences.cz*. [online]. ©2008 [cit. 2016-10-06]. Dostupné z: [http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-%20-4-semester/BI52%20-%20Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci%201/BI52%20Prednasky/ESF\\_13\\_Hlinita n.pps](http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-%20-4-semester/BI52%20-%20Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci%201/BI52%20Prednasky/ESF_13_Hlinita n.pps)
- [27] Železobetonová monolitická konstrukce opěrné stěny OC Hornbach, Plzeň. *www.prestolholding.cz*. [online]. ©2011 [cit. 2016-10-06]. Dostupné z: <http://www.prestolholding.cz/reference/monolity/zelezobetonova-monoliticka-konstrukce-operne-steny-oc-hornbach-plzen/>
- [28] SVOBODA, Luboš a kolektiv. *Stavební hmoty* [online]. ©2013 [cit. 2016-10-04]. ISBN 978-80-260-4972-2. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodah/sh/SH3v1.pdf>
- [29] Betonářská ocel. *www.lumixmetal.cz*. [online]. 5.2.2009 [cit. 2016-10-06]. Dostupné z: <http://www.lumixmetal.cz/foto/product/640/200902101419241.JPG>
- [30] Vlastnosti betonářské oceli. *www.stavebnikomunita.cz*. [online]. ©2012 [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/vlastnosti-betonarske-oceli>
- [31] Betonářská výztuž. *Wikipedia: the free encyclopedia*. [online]. ©2001- [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Beton%C3%A1%C5%99sk%C3%A1\\_v%C3%BDztu%C5%BE](https://cs.wikipedia.org/wiki/Beton%C3%A1%C5%99sk%C3%A1_v%C3%BDztu%C5%BE)
- [32] Kari sítě – roxory – profily. *www.kari-site-roxory.cz*. [online]. ©2015 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://www.kari-site-roxory.cz/hutni-material/eshop/0/0/5/2-Kari-sit-4mm-10x10-3x2m-KA16>

- [33] Dodatečné předpínání. [www.vsl.cz](http://www.vsl.cz). [online]. ©2004 [cit. 2016-10-06]. Dostupné z: [http://www.vsl.cz/files/images/post-tensioning-systems/2\\_full.jpg](http://www.vsl.cz/files/images/post-tensioning-systems/2_full.jpg)
- [34] HOLICKÝ, Milan; JUNG, Karel; SÝKORA, Michal. Stanovení charakteristické pevnosti konstrukcí z betonu na základě zkoušek. [www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz). [online]. ©2009 [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: [http://www.casopisstavebnictvi.cz/stanoveni-charakteristicke-pevnosti-konstrukci-z-betonu-na-zaklade-zkousek\\_N2156](http://www.casopisstavebnictvi.cz/stanoveni-charakteristicke-pevnosti-konstrukci-z-betonu-na-zaklade-zkousek_N2156)
- [35] Proceq's family of concrete test hammer. [www.proceq-news.com](http://www.proceq-news.com). [online]. ©2015 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.proceq-news.com/usa/0512-schmidt/img/schmidt-head.jpg>
- [36] Provádění zkoušek v průběhu realizace díla. [www.konceptcb.cz](http://www.konceptcb.cz). [online]. [2014]. [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.konceptcb.cz/zkousky/51.jpg>
- [37] Zkoušky povrchové přídržnosti, odtrhové zkoušky materiálů. [www.szk.fce.vutbr.cz](http://www.szk.fce.vutbr.cz). [online]. [2012]. [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/CI57/odtrhove%20zkousky,%20kotveni.pdf>
- [38] Provádění zkoušek v průběhu realizace díla. [www.konceptcb.cz](http://www.konceptcb.cz). [online]. [2014]. [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.konceptcb.cz/zkousky/28.jpg>
- [39] Jádrové vrtání. [www.betonserver.cz](http://www.betonserver.cz). [online]. [2015] [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.plzen-info.cz/vrtani-do-betonu/f2.jpg>
- [40] CIKRLÉ, Petr. Přednáška č. 3: Destruktivní zkoušení betonu v konstrukcích – jádrové vývrty. [www.slideplayer.cz](http://www.slideplayer.cz). [online]. ©2008 [cit. 2016-10-31]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2508387/>
- [41] Modul pružnosti. [www.ebeton.cz](http://www.ebeton.cz). [online]. ©2012 [cit. 2016-10-15]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/modul-pruznosti>
- [42] CIKRLÉ, Petr. Rezonanční metoda – moduly pružnosti. [www.szk.fce.vutbr.cz](http://www.szk.fce.vutbr.cz). [online]. [2012]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: [http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI002/EANDT\\_II.pps](http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI002/EANDT_II.pps)
- [43] Karbonatace a sanace železobetonu. [www.reprof.eu](http://www.reprof.eu). [online]. ©2016 [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://www.reprof.eu/karbonatace-a-sanace-zelezobetonu-a126>
- [44] ANTON, Ondřej; BLAŽKOVÁ, Vendula; HOBST, Leonard. Měření vlhkosti v praxi soudního inženýra. [www.sinz.cz](http://www.sinz.cz). [online]. 22.1.2005 [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2005-03-175-178.pdf>
- [45] CHROMKOVÁ, Ivana. Zrychlená zkouška mrazuvzdornosti a možnosti jejího využití. [www.stavba.tzb-info.cz](http://stavba.tzb-info.cz). [online]. 23.2.2015 [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/12350-zrychlena-zkouska-mrazuvzdornosti-a-moznosti-jejeho-vyuziti>
- [46] BOHÁČOVÁ, Jana. Ověřování povrchových vlastností stavebních materiálů. [www.hmotydvě.sweb.cz](http://hmotydvě.sweb.cz). [online]. [2010]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: [http://hmotydvě.sweb.cz/prezentace/cv11\\_povrchov%C3%A9\\_vlastnosti.pdf](http://hmotydvě.sweb.cz/prezentace/cv11_povrchov%C3%A9_vlastnosti.pdf)

- [47] ŽÍDEK, Libor. Diagnostika betonových a železobetonových konstrukcí. *www.fast.vsb.cz*. [online]. ©2009 [cit. 2016-10-17]. Dostupné z: [https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/6\\_diagnostika\\_betonovych\\_a\\_zelezobetonovych\\_konstrukci.pdf](https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/6_diagnostika_betonovych_a_zelezobetonovych_konstrukci.pdf)
- [48] Elektromagnetické indikátory výztuže. *www.szk.fce.vutbr.cz*. [online]. ©2016. [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: [http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF\\_C5a\\_2016\\_N%C3%A1vod.pdf](http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C5a_2016_N%C3%A1vod.pdf)
- [49] ANTON, Ondřej; CIKRLÉ, Petr; HEŘMÁNKOVÁ, Věra. Zkušenosti s georadarem při stavebně technických průzkumech. *www.stavba.tzb-info.cz*. [online]. 27.1.2014 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/10800-zkusenosti-s-georadarem-pri-stavebne-technickyh-pruzkumech>
- [50] Hilt PS-200 Ferrosan System. *www.us-instrument.com*. [online]. ©2016 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: [http://www.us-instrument.com/content/images/thumbs/0009809\\_img3032\\_550.jpeg](http://www.us-instrument.com/content/images/thumbs/0009809_img3032_550.jpeg)
- [51] Profometer 600 – Advanced Concrete Cover Meter – Entry Level Model. *www.proceq.com*. [online]. ©2016 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: [http://www.proceq.com/uploads/pics/Profometer-PM-600-with-Universalprobe-and-Cart\\_40.jpg](http://www.proceq.com/uploads/pics/Profometer-PM-600-with-Universalprobe-and-Cart_40.jpg)
- [52] PS 1000 – System X-Scan. *www.hilti.cz*. [online]. [2012]. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: [https://www.hilti.cz/medias/sys\\_master/images/h12/9087715180574/L042450\\_en\\_APC\\_830x515.jpg](https://www.hilti.cz/medias/sys_master/images/h12/9087715180574/L042450_en_APC_830x515.jpg)
- [53] Concrete scanning. *www.texasccllc.com*. [online]. [2016]. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: [http://0201.nccdn.net/1\\_2/000/000/126/af0/Images-3d-480x385.jpg](http://0201.nccdn.net/1_2/000/000/126/af0/Images-3d-480x385.jpg)
- [54] ŠTAINBRUCH, Jakub; ANTON, Ondřej; KORDINA, Tomáš. Rozvoj použití georadaru při diagnostice železobetonových konstrukcí. *www.betontks.cz*. [online]. ©2011 [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: [http://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-3-66\\_0.pdf](http://www.betontks.cz/sites/default/files/2011-3-66_0.pdf)
- [55] Radiografické určení polohy, profilu výztuže. *www.szk.fce.vutbr.cz*. [online]. [2012]. [cit. 2016-10-25]. Dostupné z: [http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF\\_C5\\_N%C2%A0vod.pdf](http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF_C5_N%C2%A0vod.pdf)
- [56] WICHERK, Jaroslav; DOKULILOVÁ, Karla. Fatra publikace 80 let. *www.fatra.cz*. [online]. ©2015 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.fatra.cz/wp-content/uploads/2015/11/FATRA-publikace-80-let.pdf>
- [57] Profil společnosti. *www.fatra.cz*. [online]. ©2016 [cit. 2016-12-06]. Dostupné z: <http://www.fatra.cz/wp-content/uploads/2015/11/fatra-napajedla-zavod-letecky-1920x400.jpg>
- [58] ŠERÁ, Barbora. Zatížení stavebních konstrukcí – Stálá a užitná zatížení. *www.fast10.vsb.cz*. [online]. 24.12.2016 [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/sera/Stale%20+%20Uzitne.pdf>
- [59] Vývrtý: odběr, popis a zkoušení v tlaku. *www.szk.fce.vutbr.cz* [online]. [2012]. [cit. 2016-10-04]. Dostupné z: [http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF\\_C3\\_N%C2%A0vod.pdf](http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/ESF_C3_N%C2%A0vod.pdf)



- [60] ŽÍDEK, Libor. Základy technického měření (rozdělení zkušebních metod). *www.fast.vsb.cz*. [online]. ©2009 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <[https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/4\\_zaklady\\_techickeho\\_mereni\\_rozdeleni\\_zkusebnich\\_metod.pdf](https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/4_zaklady_techickeho_mereni_rozdeleni_zkusebnich_metod.pdf)>
- [61] CIKRLE, Petr. Přednáška č. 2: Nedestruktivní zkoušení betonu v konstrukcích. *www.lences.cz*. [online]. ©2008 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <[http://lences.cz/skola/neprihlaseny/index.php?dir=-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-%20-4-semester/BI52%20-%20Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci%201/BI52%20Prednasky/&file=ESF\\_02\\_Beton%20a%20NDT.pps](http://lences.cz/skola/neprihlaseny/index.php?dir=-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-%20-4-semester/BI52%20-%20Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci%201/BI52%20Prednasky/&file=ESF_02_Beton%20a%20NDT.pps)>
- [62] HLAVATÝ, Ivo. Svařování betonářských ocelí (ocelových výztuží). *www.homen.vsb.cz*. [online]. © 2009 [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: <<http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/3-5.pdf>>
- [63] DROCHYTKA, Rostislav; BYDŽOVSKÝ, Jiří; DŘÍNOVSKÝ, Lukáš; DUFKA Amos. Praktické využití soudně komparační metody – fyzikálně chemické analýzy – pro určení shodnosti jednotlivých druhů materiálů. *www.exfos.cz*. [online]. [2008]. [cit. 2016-10-16]. Dostupné z: <<http://www.exfos.cz/proceedings/2008/sta002-drochytka-bydzovsky-drinovsky-dufka.pdf>>
- [64] CIKRLE, Petr. Přednáška č. 4: Charakteristická pevnost betonu v tlaku. *www.lences.cz*. [online]. ©2008 [cit. 2016-10-05]. Dostupné z: <[http://lences.cz/skola/neprihlaseny/index.php?dir=-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-%20-4-semester/BI52%20-%20Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci%201/BI52%20Prednasky/&file=ESF\\_04\\_Beton%20v%C3%BDpo%C4%8Dty.pps](http://lences.cz/skola/neprihlaseny/index.php?dir=-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-%20-4-semester/BI52%20-%20Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci%201/BI52%20Prednasky/&file=ESF_04_Beton%20v%C3%BDpo%C4%8Dty.pps)>
- [65] A-WELLS Jádrové vrtání. *www.betonserver.cz*. [online]. [2016]. [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <<https://www.betonserver.cz/pic/customer-foto/foto-10619.jpeg>>



## Seznam citovaných norem

- [66] ČSN 72 0100. *Základní postup rozborů silikátů – Všeobecná ustanovení*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2009, 8 s.
- [67] ČSN 73 0038. *Hodnocení a ověřování konstrukcí – doplňující ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 54 s.
- [68] ČSN 73 1317. *Stanovení pevnosti betonu v tlaku*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1987, 12 s.
- [69] ČSN 73 1322. *Stanovení mrazuvzdornosti betonu*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1969.
- [70] ČSN 73 1326. *Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1985, 12 s.
- [71] ČSN 73 1371. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2011, 12 s.
- [72] ČSN 73 1372. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Rezonanční metoda zkoušení betonu*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2012, 16 s.
- [73] ČSN 73 1373. *Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2011, 20 s.
- [74] ČSN 73 2011. *Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2012, 24 s.
- [75] ČSN 73 6172. *Odběr, měření a zkoušení vzorků z krytu cementobetonové vozovky*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1994, 8 s.
- [76] ČSN 73 6174. *Stanovení modulu pružnosti a přetvárnosti betonu ze zkoušky v tahu ohybem*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1994, 18 s.
- [77] ČSN EN 206-1. *Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2014, 88 s.
- [78] ČSN EN 10027-1. *Systémy označování ocelí – Část 1: Stavba značek ocelí*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2006, 28 s.
- [79] ČSN EN 12390-1. *Zkoušení zatvrdlého betonu – Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2013, 12 s.
- [80] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení zatvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2009, 20 s.
- [81] ČSN EN 12390-13. *Zkoušení zatvrdlého betonu – Část 13: Stanovení sečnového modulu pružnosti v tlaku*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2014, 20 s.
- [82] ČSN EN 12504-1. *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2009, 12 s.
- [83] ČSN EN 12504-2. *Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2013, 12 s.

- [84] ČSN EN 13791. *Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích*. Praha: Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 100 s.
- [85] ČSN EN 1990 ed. 2. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2006, 210 s.
- [86] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2004, 44 s.
- [87] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2006, 210 s.
- [88] ČSN ISO 13822. *Základy navrhování konstrukcí – hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a metrologii, státní zkušebnictví, 2014, 43 s.
- [89] ČSN ISO 1920-10. *Zkoušení betonu – Část 10: Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 2016, 12 s.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

<b>CHRL</b>	Chemické rozmrazovací látky
<b>Co</b>	Kobalt
<b>DTA</b>	Diferenční termická analýza
<b>GPR</b>	Ground penetrating radar
<b>Kce</b>	Konstrukce
<b>NP</b>	Nadzemní podlaží
<b>RTG</b>	Rentgenová difrakční analýza
<b>STP</b>	Stavebně technický průzkum
<b>STR</b>	<i>Mezní stav únosnosti:</i> Vnitřní porucha nebo nadměrná deformace konstrukce nebo nosných prvků včetně základových patek, pilot, základových stěn, atd., kde rozhoduje pevnost konstrukčních materiálů – mezní stav STR se používá při ověřování mechanické odolnosti konstrukcí a prvků, pokud se většinou neuvažuje geotechnické zatížení, jedná se o mezní stavy spojené s převážně dosažením pevnosti betonu, nadměrným protažením výztuže apod. [9]
<b>GEO</b>	<i>Mezní stav únosnosti:</i> Porucha nebo nadměrná deformace základové půdy, kde pevnosti zeminy nebo skalního podloží jsou pro odolnost významné – mezní stav GEO se používá při návrhu nosných (základových patek, pilot, podzemních stěn), který zahrnuje geotechnické zatížení [9]

Veličina	MJ	Význam veličiny
$A_c$	[mm <sup>2</sup> ]	průřezová plocha při tlakovém namáhání
$A_s$	[m <sup>2</sup> ]	plocha prutů ohybové výztuže
$A_{sl}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha tahové výztuže účinná na smyk
$A_{s,max}$	[m <sup>2</sup> ]	maximální plocha prutů ohybové výztuže
$A_{s,min}$	[m <sup>2</sup> ]	minimální plocha prutů ohybové výztuže
$A_{sw}$	[m <sup>2</sup> ]	průřezová plocha smykové výztuže
$b$	[m]	šířka daného průřezu
$b_w$	[m]	nejmenší šířka průřezu v tažené oblasti
$c$	[mm]	tloušťka krycí vrstvy
$c_1$	[-]	korekční součinitel
$c_{Rd,c}$	[-]	součinitel smykové únosnosti
$d$	[m]	účinná výška průřezu
$d_1$	[m]	poloha těžiště výztuže
$E$	[MPa]	modul pružnosti
$E_{energy}$	[MeV]	energie
$E_{brf}$	[MPa]	dynamický modul pružnosti v tahu – tlaku při příčném kmitání
$E_{brL}$	[MPa]	dynamický modul pružnosti v tahu – tlaku při podélném kmitání
$E_{bu}$	[MPa]	dynamický modul pružnosti v tahu a tlaku
$E_{cm}$	[MPa]	modul pružnosti betonu (po 28 dnech)
$E_s$	[GPa]	modul pružnosti oceli
$f_b$	[MPa]	upřesněná hodnota pevnosti betonu v tlaku
$f_{be}$	[MPa]	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností z obecného kalibračního vztahu
$f_{bei}$	[MPa]	pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností na témže zkušebním vzorku stanovená nedestruktivně

$f_{bi}$	[MPa]	pevnost betonu v tlaku i-tého zkušební vzorku stanovená normalizovanou zkouškou
$f_c$	[MPa]	pevnost betonu v tlaku
$f_{c,cube}$	[MPa]	pevnost betonu v tlaku na krychlich
$f_{c,cyl}$	[MPa]	pevnost betonu v tlaku na válcích
$f_{cd}$	[MPa]	návrhová pevnost betonu v tlaku
$f_{ck}$	[MPa]	charakteristická pevnost betonu v tlaku
$f_{ck,cube}$	[MPa]	charakteristická krychelná pevnost v tlaku
$f_{ck,cyl}$	[MPa]	charakteristická válcová pevnost v tlaku
$f_{ck,is}$	[MPa]	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci
$f_{cm}$	[MPa]	průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
$f_{ctm}$	[MPa]	průměrná hodnota pevnosti betonu v dostředném tahu
$f_f$	[kHz]	naměřená vlastní frekvence příčného kmitání
$f_{is,nejmenší}$	[MPa]	nejmenší pevnost zjištěná na vývrtech
$f_k$	[kHz]	naměřená vlastní frekvence kroutícího kmitání
$f_L$	[kHz]	naměřená vlastní frekvence podélného kmitání
$f_{m(n),is}$	[MPa]	průměrná pevnost betonu v tlaku stanovena na $n$ počtu vývrtů
$f_t$	[MPa]	pevnost betonu v tahu
$f_{yd}$	[MPa]	návrhová mez kluzu betonářské výztuže
$f_{yk}$	[MPa]	charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
$f_{ywd}$	[MPa]	návrhová mez kluzu betonářské smykové výztuže
$F$	[kN]	maximální síla vyvozená při porušení
$F_{cc}$	[kN]	tlaková síla v betonu
$F_{st}$	[kN]	tahová síla ve výztuži
$g_d$	[kN/m]	návrhová hodnota stálého zatížení
$g_k$	[kN/m]	charakteristická hodnota stálého zatížení
$G_{br}$	[MPa]	dynamický modul pružnosti ve smyku

$G_k$	[kN]	charakteristická hodnota stálého zatížení (osamělé břemeno)
$h$	[m]	výška daného průřezu
$i$	[m]	poloměr setrvačnosti průřezu
$k$	[-]	krajní mez závislá na počtu vývrtů $n$
$k_n$	[-]	součinitel pro stanovení 5% kvantilu
$k_r$	[-]	koeficient rozměrnosti prostředí
$k_{tv}$	[-]	součinitel závislý na tvaru průřezu vzorku při výpočtu $G_{br}$
$k_v$	[-]	součinitel výšky průřezu
$L$	[m]	délka měřicí základny
$m_x$	[MPa]	průměrná hodnota materiálové vlastnosti (např. pevnosti v tlaku – stanovení $X_k$ )
$M_{Ed}$	[kNm]	návrhová hodnota ohybového momentu
$M_{Rd}$	[kNm]	návrhová hodnota momentové únosnosti
$\Delta M_{Rd}$	[kNm]	změna návrhové hodnoty momentové únosnosti
$n$	[-]	počet hodnot
$n_s$	[-]	počet ocelových prutů
$q_d$	[kN/m]	návrhová hodnota užitného zatížení
$q_k$	[kN/m]	charakteristická hodnota užitného zatížení
$q_{k,dop}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	zatížitelnost s předpokládaným využitím únosnosti na 80%
$Q_k$	[kN]	charakteristická hodnota proměnného zatížení (osamělé břemeno)
$Q_{k,1}$	[kN]	značí charakteristickou hodnotu hlavního, reps. nejúčinnějšího vedlejšího proměnného zatížení
$Q_{k,i}$	[kN]	značí charakteristickou hodnotu $i$ -tého ostatního vedlejšího proměnného zatížení
$P$	[kN]	síla od předpětí
$s$	[MPa]	směrodatná odchylka pevnostní vývrtů ( $s \geq 2,0$ MPa)



$s_t$	[m]	osová vzdálenost větví třmínků
$s_{trm}$	[m]	osová vzdálenost třmínků v podélném směru
$s_x$	[MPa]	výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot (např. pevnosti v tlaku – stanovení $X_k$ )
$t_E$	[ $\mu s$ ]	známá časová charakteristika etalonu
$t$	[m]	tloušťka daného konstrukčního prvku
$t_i$	[ $\mu s$ ]	korigovaná doba průchodu
$t_L$	[ $\mu s$ ]	doba průchodu ultrazvukových vln materiálem
$t_{KOR}$	[ $\mu s$ ]	mrtvý čas
$t_{ME}$	[ $\mu s$ ]	doba průchodu etalonem
$T_{1/2}$	[rok]	poločas rozpadu
$v_L$	[m]	redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem
$v_{min}$	[MPa]	smyková síla přenesená betonem
$V_{Ed}$	[kN]	návrhová hodnota posouvající síly
$V_{Rd,c}$	[kN]	návrhová hodnota únosnosti ve smyku
$V_{Rd,c,min}$	[kN]	minimální návrhová hodnota únosnosti ve smyku
$V_{Rd,max}$	[kN]	minimální návrhová hodnota únosnosti ve smyku
$V_{Rd,s}$	[kN]	návrhová hodnota únosnosti smykové výztuže v šikmé trhlíně
$V_x$	[MPa]	charakteristická válcová pevnost v tlaku
$x$	[m]	poloha neutrální osy
$x_i$	[-]	počet jednotlivých zkoušek
$x_i, x_{i+1}$	[m.s <sup>-1</sup> ]	hodnoty rychlosti šíření na sousedních místech pro stanovení $\Delta$
$X_k$	[MPa]	charakteristická hodnota materiálové vlastnosti
$z_c$	[m]	rameno vnitřních sil – vzdálenost těžiště tlačené plochy betonu od těžiště tažené výztuže

Symbol	MJ	Význam symbolu
$\alpha$	[-]	součinitel pro upřesnění pevnosti s nezaručenou přesností
$\alpha_{cw}$	[-]	součinitel zohledňující napětí v tlačném pásu
$\alpha_t$	[-]	součinitel stáří betonu
$\alpha_w$	[-]	součinitel vlhkosti betonu
$\Delta$	[%]	rozdíl hodnot, změna
$\xi$	[-]	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení G
$\varepsilon$	[-; ‰]	poměrné přetvoření
$\varepsilon_{cu3}$	[-; ‰]	mezní poměrné stlačení betonu
$\varepsilon_s$	[-; ‰]	poměrné přetvoření betonářské výztuže
$\varepsilon_{yd}$	[-; ‰]	přetvoření oceli na mezi kluzu
$\gamma_c$	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu (beton)
$\gamma_G$	[-]	dílčí součinitel stálého zatížení
$\gamma_Q$	[-]	dílčí součinitel proměnného zatížení
$\gamma_P$	[-]	dílčí součinitel zatížení od předpětí
$\gamma_s$	[-]	dílčí součinitel spolehlivosti (ocel)
$\gamma_{\text{žB}}$	[-]	objemová tíha pro železobeton
$\lambda$	[-]	součinitel definující účinnou výšku tlačené oblasti
$\nu_{br}$	[-]	dynamický Poissonův poměr
$\nu_L$	[m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost šíření ultrazvukových impulsů
$\kappa_{c,cy}$	[-]	opravný součinitel pro štíhlost válce
$\kappa_{cy,cu}$	[-]	převodní součinitel pro přepočítání válcové pevnosti na krychelnou
$\kappa_d$	[-]	opravný součinitel pro průměr válce
$\psi_i$	[-]	kombinační součinitele zatížení závislé na druhu mezního stavu ( $\psi_0$ – pro kombinační hodnoty; $\psi_1$ – pro časté hodnoty; $\psi_2$ – pro kvazistálé hodnoty;)
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	objemová hmotnost materiálu

$\rho_w$	[-]	stupeň vyztužení smykovou výztuží
$\rho_{w,min}$	[-]	minimální stupeň vyztužení smykovou výztuží
$\Sigma$	[-]	značí „kombinovaný účinek“
$\sigma$	[MPa]	napětí
“+“	[-]	značí „kombinovaný s“
$\theta$	[°]	úhel
$\emptyset$	[mm]	průměr prutu betonářské výztuže

## SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1: Druhy, značení, třídy betonu a převod značení podle ČSN 73 0038 [67] .....	22
Tab. 3.2: Pevnostní třídy obyčejného a těžkého betonu v tlaku [8] .....	23
Tab. 3.3: Pevnostní třídy lehkého betonu [8].....	23
Tab. 3.4: Druhy ocelí, jejich značky, země výrobce oceli a meze kluzu používané v současnosti [62] .....	26
Tab. 3.5: Přehled typů betonářské výztuže včetně schémat žebrování viz ČSN ISO 13 822 [88]....	27
Tab. 4.1: Výhody a nevýhody nedestruktivních a destruktivních metod [61] .....	31
Tab. 4.2: Součinitele stárí $\alpha_t$ a součinitele vlhkosti $\alpha_w$ [7].....	35
Tab. 4.3: Hodnoty variačního součinitele $V_x$ a rozdílu hodnot $\Delta$ pro určení stejnorodosti betonu [5] .....	40
Tab. 4.4: Normové rozměry těles dle ČSN EN 12390-1 [59] .....	43
Tab. 4.5: Hodnoty součinitelů štíhlosti $\kappa_{c,cy}$ [40] .....	45
Tab. 4.6: Hodnoty součinitelů průměru $\kappa_{cy,d}$ [40] .....	45
Tab. 4.7: Převodní součinitel při převodu pevnosti betonu zjištěné na válcích základních rozměrů na pevnost krychelnou [59].....	46
Tab. 4.8: Součinitele $k_n$ pro stanovení 5% kvantilu (charakteristické hodnoty) [59] .....	47
Tab. 4.9: Krajní mez $k$ pro počet $n$ vývrtů [59].....	47
Tab. 4.10: Hodnoty pro minimální charakteristickou pevnost betonu v tlaku v konstrukci $f_{ck,is}$ podle ČSN EN 13791 pro pevnostní třídy betonu podle ČSN EN 206-1 [59] .....	48
Tab. 4.11: Výhody a nevýhody elektromagnetických indikátorů výztuže [48].....	56
Tab. 5.1: Rozsah a místo provedení jednotlivých sond v 1. NP – 4. NP .....	63
Tab. 5.2: Tloušťky podlah a tloušťky desek včetně podlah .....	74
Tab. 5.3: Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu stropní nosné konstrukce nad 1. NP, 2. NP a 3. NP a sloupů v 1. NP, 2. NP a 3. NP získané v roce .....	75
Tab. 5.4: Charakteristiky zkušebních těles a objemová hmotnost betonu stropní nosné konstrukce nad 4. NP a sloupů ve 4. NP získané z roku 2015.....	76
Tab. 5.5: Pevnosti v tlaku betonu nosných konstrukcí stropů nad 1. NP, 2.NP a 3. NP a sloupů v 1. NP, 2. NP, 3. NP získané z roku 2016.....	78

<i>Tab. 5.6: Pevnosti v tlaku betonu nosných konstrukcí stropů nad 4. NP a sloupů ve 4. NP získané z roku 2015.....</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 5.7: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení uprostřed rozpětí průvlaku – Sonda 2P(A) .....</i>	<i>84</i>
<i>Tab. 5.8: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení u podpory průvlaku – Sonda 2P(B).....</i>	<i>85</i>
<i>Tab. 5.9: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení sloupu – Sonda 4S.....</i>	<i>87</i>
<i>Tab. 5.10: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení uprostřed rozpětí žebra – Sonda 4T(A).....</i>	<i>89</i>
<i>Tab. 5.11: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení u podpory žebra – Sonda 4T(B).....</i>	<i>90</i>
<i>Tab. 5.12: Shrnutí výsledků ze stanovení vyztužení desky – Sonda 4D.....</i>	<i>92</i>
<i>Tab. 6.1: Kategorie ploch pro skladování a průmyslovou činnost s příslušnými hodnotami užitého zatížení [58] .....</i>	<i>95</i>

## SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 5.1: Průměrné hodnoty objemové hmotnosti betonu jednotlivých stropní konstrukcí a sloupů</i>	
.....	76
<i>Graf 5.2: Průměrné hodnoty pevnosti betonu v tlaku jednotlivých stropních konstrukcí a sloupů .</i>	79



## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1.1: Část nosné konstrukce výrobní haly [22]</i> .....	12
<i>Obr. 2.1: Obecný diagram pro hodnocení konstrukce podle ČSN ISO 13822 [3]</i> .....	13
<i>Obr. 2.2: Příklad vyznačení výsledků stavebně historického průzkumu v půdoryse [4]</i> .....	14
<i>Obr. 2.3: Vývojový diagram obecného postupu hodnocení konstrukce [88]</i> .....	17
<i>Obr. 3.1: Beton s hlinitanovým cementem [26]</i> .....	20
<i>Obr. 3.2: Železobetonová monolitická konstrukce opěrné zdi [27]</i> .....	20
<i>Obr. 3.3: Betonářská výztuž [29]</i> .....	24
<i>Obr. 3.4: Výztuž do betonu 10 512 „ROXOR“ [5]</i> .....	25
<i>Obr. 3.5: Kari síť [32]</i> .....	25
<i>Obr. 3.6: Multilanový předpínací systém [33]</i> .....	29
<i>Obr. 4.1: Schéma odrazového tvrdoměru Schmidt N [3]</i> .....	33
<i>Obr. 4.2: Různé typy Schmidtových tvrdoměrů – 1 (Silver Schmidt), 2 (Schmidt N), 3 (Schmidt NR), 4 (Schmidt N digi) [35]</i> .....	33
<i>Obr. 4.3: Zkoušení betonu tvrdoměrnou metodou – Schmidt N [36]</i> .....	34
<i>Obr. 4.4: Ultrazvukový měřicí přístroj TICO [3]</i> .....	36
<i>Obr. 4.5: Měření přístrojem TICO [61]</i> .....	37
<i>Obr. 4.6: Způsoby prozvučování konstrukce [5]</i> .....	37
<i>Obr. 4.7: Měření doby průchodu UZ impulsu zkoušeným vzorkem [11]</i> .....	38
<i>Obr. 4.8: Odrazová metoda s jednou a dvěma sondami [5]</i> .....	39
<i>Obr. 4.9: Provedení odtrhové zkoušky v praxi přístrojem DYNA pro měření soudržnosti [38]</i> .....	40
<i>Obr. 4.10: Schéma provedení odtrhové zkoušky [37]</i> .....	41
<i>Obr. 4.11: Provedení jádrového vývrtu pomocí vrtačky se speciálními dutými válci [39]</i> .....	41
<i>Obr. 4.12: Jádrový vývrt odebraný z konstrukce [Zdroj: měření Napajedla 2016]</i> .....	42
<i>Obr. 4.13: Normové tvary těles dle ČSN EN 12390-1 [59]</i> .....	42
<i>Obr. 4.14: Správné porušení vzorku po provedení zkoušky v lisu [21]</i> .....	43
<i>Obr. 4.15: Přípustné a nepřípustné způsoby porušení válců dle ČSN EN 12390-3 [80]</i> .....	44

Obr. 4.16: Schématické znázornění vztahu mezi napětím a přetvořením a poměrnými deformacemi dle ČSN EN 1992-1-1 [13].....	48
Obr. 4.17: Znázornění vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením betonu a znázornění různých druhů modulu pružnosti [13] .....	49
Obr. 4.18: Měření statického modulu pružnosti ve zkušebním lisu [14] .....	50
Obr. 4.19: Různé polohy kmitání – 1) podélné kmitání, 2) příčné kmitání, 3) kroutové kmitání [10] .....	51
Obr. 4.20: Zkouška karbonatace betonu fenolftaleinovým roztokem [15].....	53
Obr. 4.21: Obnažená výztuž po odsekání krycí vrstvy betonu [Zdroj: měření Napajedla 2016].....	55
Obr. 4.22: Znázornění odezvy přístroje u různých poloh výztuže [20] .....	56
Obr. 4.23: Profesionální přístroje pro hledání výztuže – 1) PS 200 Ferroskan od firmy Hilti, 2) Profometr PM-600 od firmy Proceq [50] [51] .....	57
Obr. 4.24: Georadar – Hilti PS 1000 [52] .....	57
Obr. 4.25: Zobrazení výztuže ve 2D a 3D po měření georadarem [49] [53] .....	58
Obr. 4.26: Souprava pro provedení radiografie – gamagrafický kryt TECH/OPS se zářičem Co 60 [3] .....	59
Obr. 4.27: Radiografický film zobrazující polohu výztuže, který neodpovídá projektové dokumentaci [3] .....	59
Obr. 5.1: Výrobní závod Fatra v Napajedlích [57] .....	60
Obr. 5.2: Objekt č. 24 v areálu Fatra Napajedla.....	61
Obr. 5.3: Zásobovací kolejový vozík.....	62
Obr. 5.4: Schéma rozmístění jádrových vývrtů V1-1 až V1-6 pro stanovení pevnosti betonu a míst pro stanovení vyztužení 1P, 1T, 1D a 1S v 1. NP a stropu nad 1. NP.....	65
Obr. 5.5: Schéma rozmístění jádrových vývrtů V2-1 až V2-6 pro stanovení pevnosti betonu a míst pro stanovení vyztužení 2P, 2T, 2D a 2S v 2. NP a stropu nad 2. NP.....	65
Obr. 5.6: Schéma rozmístění jádrových vývrtů V3-1 až V3-6 pro stanovení pevnosti betonu a míst pro stanovení vyztužení 3P, 3T, 3D a 3S v 3. NP a stropu nad 3. NP.....	66
Obr. 5.7: Schéma rozmístění jádrových vývrtů V4-1 až V4-6 pro stanovení pevnosti betonu včetně míst pro stanovení vyztužení 4P, 4T, 4D a 4S ve 4. NP a stropu nad 4. NP a umístění poškozeného místa dilatace rovněž ve stropu nad 4. NP (sonda 4).....	66

<i>Obr. 5.8: Příklad radarového skenu stropní konstrukce v místě vývrtu 2V1 s označením upřesnění polohy vývrtu.....</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 5.9: Liniové skenování stropní konstrukce přístroje Hilti PS 1000 [7] .....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 5.10: Profometer PM-630 s dotykovým displejem a integrovanou sondou [Zdroj: fotoarchiv Ing. Petr Církle, Ph.D.].....</i>	<i>68</i>
<i>Obr. 5.11: Příklad jádrového vrtání [65] .....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 5.12: Místo sondy 1V1 do průvlastku nad 1. NP.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 5.13: Vzorek 1V1 ze stropního průvlastku nad 1. NP.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 5.14: Místo sondy 1V2 do průvlastku nad 1. NP.....</i>	<i>70</i>
<i>Obr. 5.15: Vzorek 1V2 ze stropního průvlastku nad 1. NP.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 5.16: Místo sondy 1V3 do žebra nad 1. NP .....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 5.17: Vzorek 1V3 ze stropního žebra nad 1. NP.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 5.18: Místo sondy 1V4 do žebra nad 1. NP .....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 5.19: Vzorek 1V4 ze stropního žebra nad 1. NP.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 5.20: Místo sondy 1V5 do desky nad 1. NP .....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 5.21: Vzorek 1V5 ze stropní desky nad 1. NP.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 5.22: Místo sondy 1V6 do sloupu v 1. NP.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 5.23: Vzorek 1V6 ze sloupu v 1. NP.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 5.24: Odsekání krycí vrstvy betonu pomocí sbíječky kango .....</i>	<i>82</i>
<i>Obr. 5.25: Grafický výstup z přístroje Profometer PM-630 sondy 2P(A) pro ověření polohy hlavní výztuže v průvlastku uprostřed rozpětí.....</i>	<i>83</i>
<i>Obr. 5.26: Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlastku v místě sondy 2P(A) uprostřed rozpětí</i>	<i>84</i>
<i>Obr. 5.27: Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlastku v místě sondy 2P(B) u podpory .....</i>	<i>85</i>
<i>Obr. 5.28: Sekaná sonda ve sloupu – Sondy 3S.....</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 5.29: Schématický výkres výztuže ve sloupu v místě sondy 3S.....</i>	<i>86</i>
<i>Obr. 5.30: Sekaná sonda ve stropním žeburu v místě sondy 4T(A) uprostřed rozpětí.....</i>	<i>88</i>
<i>Obr. 5.31: Výstup z profometru sondy 4T(A) znázorňující vzdálenost tržmínek od 180 mm do 280 mm s krytím tržmínek od 8 do 20 mm.....</i>	<i>89</i>

Obr. 5.32: Schématický výkres zjištěné výztuže v žeburu v místě sondy 4T(A) uprostřed rozpětí .....	89
Obr. 5.33: Výstup z radaru Hilti PS 1000 sondy 4T(B) na liniovém skenu bočního líce žebra zaznamenávající ohyb jedné hlavní výztuže žebra .....	90
Obr. 5.34: Schématický výkres zjištěné výztuže v žeburu v místě sondy 4T(B) u podpory.....	91
Obr. 5.35: Sekaná sonda na zkušebním místě 4D v desce .....	91
Obr. 5.36: Výstup z profometru sondy 4D znázorňující průměrnou vzdálenost hlavní výztuže 100 mm a krytí 8 až 15 mm .....	92
Obr. 5.37: Výstup z profometru sondy 4D znázorňující průměrnou vzdálenost rozdělovací výztuže 90 mm a krytí 5 až 10 mm .....	92
Obr. 5.38: Schématické znázornění polohy hlavní výztuže v ozubu průvlaku u dilatace.....	93
Obr. 6.1: Půdorys průmyslové haly s červeně označenou stropní deskou v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D pro statický posudek.....	96
Obr. 6.2: Průřez stropní desky v 1.NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D s uvažovanou šířkou průřezu 1 m.....	96
Obr. 6.3: Zatěžovací stavy vybrané stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D.....	98
Obr. 6.4: Posouvající síly (vlastní tíha + užité zatížení) stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D .....	99
Obr. 6.5: Ohybové momenty (vlastní tíha) stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D.....	99
Obr. 6.6: Ohybové momenty (vlastní tíha + užité zatížení) stropní desky v 1. NP – v poli 7-8 mezi sloupy C-D .....	99
Obr. 6.7: Půdorys průmyslové haly s červeně označeným stropním průvlakem v 1. NP – řada C pro statický posudek .....	103
Obr. 6.8: Průřez stropního průvlaku v místě sondy 1P u podpory .....	103
Obr. 6.9: Zatěžovací stavy vybraného stropního průvlaku v 1. NP – řada C .....	105
Obr. 6.10: Posouvající síly do poloviny rozpětí stropního průvlaku v 1. NP – řada C .....	106
Obr. 6.11: Ohybové momenty do poloviny rozpětí stropního průvlaku v 1. NP – řada C .....	106
Obr. 6.12: Schéma posouzení jednostranně vyztuženého průřezu .....	108

## SEZNAM PŘÍLOH

<i>Příloha č. 1: Všechny zkušební tělesa vyrobená ze vzorků v roce 2015 - 2016 .....</i>	<i>I</i>
<i>Příloha č. 2: Odběry jádrových vývrtů – strop nad 2. NP a sloup v 2. NP (2016).....</i>	<i>III</i>
<i>Příloha č. 3: Odběry jádrových vývrtů – strop nad 3. NP a sloup v 3. NP (2016).....</i>	<i>VI</i>
<i>Příloha č. 4: Odběry jádrových vývrtů – strop nad 4. NP a sloup v 4. NP (2015).....</i>	<i>IX</i>
<i>Příloha č. 5: Stanovení vyztužení – strop nad 1. NP a sloup v 1. NP (2016).....</i>	<i>XII</i>
<i>Příloha č. 6: Stanovení vyztužení – strop nad 2. NP a sloup v 2. NP (2016).....</i>	<i>XVIII</i>
<i>Příloha č. 7: Stanovení vyztužení – strop nad 7. NP (2016).....</i>	<i>XXIII</i>
<i>Příloha č. 8: Stanovení vyztužení – strop nad 4. NP a sloup v 4. NP (2015).....</i>	<i>XXVIII</i>



## Příloha č. 1: Všechny zkušební tělesa vyrobená ze vzorků v roce 2015 – 2016

Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 1V1 až 1V6 odebraných ze stropu nad 1. NP a sloupu v 1. NP



Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 2V1 až 2V6 odebraných ze stropu nad 2. NP a sloupu v 2. NP



Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 3V1 až 3V6 odebraných ze stropu nad 3. NP a sloupu v 3. NP

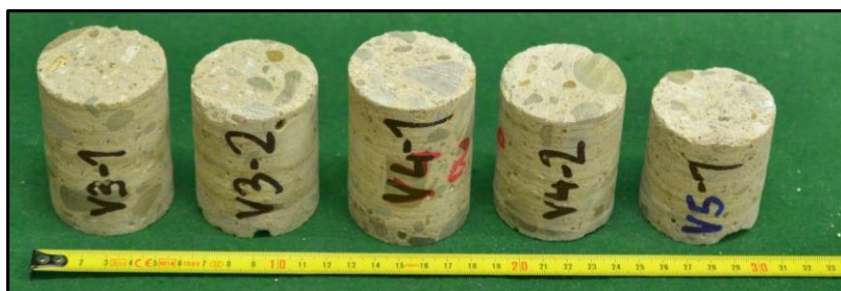




Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 4V1 a 4V2 odebraných z průvlaku nad 4. NP



Zkušební tělesa vyrobená ze vzorků 4V3 a 4V4 odebraných z žeber a 4V5 z desky nad 4. NP




Zkušební tělesa vyrobená ze vzorku 4V6 ze sloupu ve 4. NP




**Příloha č. 2: Odběry jádrových vývrtů – strop nad 2. NP a sloup v 2. NP (2016)**

Sonda 2V1 - stropní průvlak	
Typ prvku (sondy):	průvlak
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 290 mm
Tloušťka podlahy:	30 - 45 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm

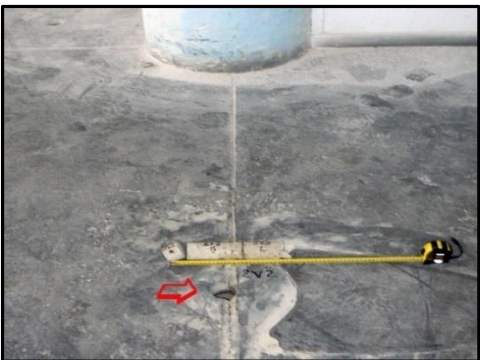


Místo sondy 2V1 do průvlaku nad 2. NP




Vzorek 2V1 o průměru 50 mm a délce cca 253 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 37 mm

Sonda 2V2 - stropní průvlak	
Typ prvku (sondy):	průvlak
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 280 mm
Tloušťka podlahy:	30 - 45 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 2V2 do průvlaku nad 2. NP




Vzorek 2V2 o průměru 50 mm a délce cca 235 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 45 mm

Sonda 2V3 - stropní žebro	
Typ prvku (sondy):	žebro
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 110 mm
Tloušťka podlahy:	5 - 45 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžné
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 2V3 do žebra nad 2. NP




Vzorek 2V3 o průměru 50 mm a délce cca 80 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 30 mm

Sonda 2V4 - stropní žebro	
Typ prvku (sondy):	žebro
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 160 mm
Tloušťka podlahy:	5 - 45 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžné
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 2V4 do žebra nad 2. NP




Vzorek 2V4 o průměru 50 mm a délce cca 115 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 45 mm



Sonda 2V5 – stropní deska	
Typ prvku (sondy):	deska
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 95 mm
Tloušťka podlahy:	5 - 45 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžné
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 2V5 do desky nad 2. NP




Vzorek 2V5 o průměru 50 mm a délce cca 65 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 30 mm

Sonda 2V6 - sloup	
Typ prvku (sondy):	sloup
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda vodorovně do sloupu ve výšce 870 mm
Celková délka sondy:	cca 255 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm



Místo sondy 2V6 do sloupu nad 2. NP



Vzorek 2V6 o průměru 50 mm a délce cca 255 mm

**Příloha č. 3: Odběry jádrových vývrtů – strop nad 3. NP a sloup v 3. NP (2016)**

Sonda 3V1 - stropní průvlak	
Typ prvku (sondy):	průvlak
Průměr vývrtu:	Ø 75 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 135 mm
Tloušťka podlahy:	25 - 35 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm

Místo sondy 3V1 do průvlaku nad 3. NP


Vzorek 3V1 o průměru 75 mm a délce cca 105 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 30 mm

Sonda 3V2 - stropní průvlak	
Typ prvku (sondy):	průvlak
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 280 mm
Tloušťka podlahy:	25 - 35 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm


Místo sondy 3V2 do průvlaku nad 3. NP

Vzorek 3V2 o průměru 50 mm a délce cca 245 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 35 mm

Sonda 3V3 - stropní žebro	
Typ prvku (sondy):	žebro
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 240 mm
Tloušťka podlahy:	25 - 35 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 3V3 do žebra nad 3. NP




Vzorek 3V3 o průměru 50 mm a délce cca 205 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 35 mm

Sonda 3V4 - stropní žebro	
Typ prvku (sondy):	žebro
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 240 mm
Tloušťka podlahy:	25 - 35 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm (ojedinělé zrna 45 mm)
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 3V4 do žebra nad 3. NP




Vzorek 3V4 o průměru 50 mm a délce cca 203 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 37 mm



Sonda 3V5 – stropní deska	
Typ prvku (sondy):	deska
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 95 mm
Tloušťka podlahy:	25 - 35 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm




Místo sondy 3V5 do desky nad 3. NP




Vzorek 3V5 o průměru 50 mm a délce cca 70 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 25 mm

Sonda 3V6 - sloup	
Typ prvku (sondy):	sloup
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda vodorovně do sloupu ve výšce 1020 mm
Celková délka sondy:	cca 250 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Pórovitost:	nízká, póry do 2 mm



Místo sondy 3V6 do sloupu nad 3. NP




3V6


Vzorek 3V6 o průměru 50 mm a délce cca 250 mm

**Příloha č. 4: Odběry jádrových vývrtů – strop nad 4. NP a sloup v 4. NP (2015)**

Sonda 4V1 - stropní průvlak	
Typ prvku (sondy):	průvlak P401
Průměr vývrtu:	Ø 75 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 278 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Rozmístění kameniva:	nerovnoměrně
Pórovitost:	střední, ojedinělá dutina 12 mm




Místo sondy 4V1 do průvlaku nad 4. NP




Vzorek 4V1 o průměru 75 mm a délce cca 270 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 38 mm

Sonda 4V2 - stropní průvlak	
Typ prvku (sondy):	průvlak P401
Průměr vývrtu:	Ø 75 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 295 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	30 mm
Rozmístění kameniva:	nerovnoměrně
Pórovitost:	mírná, póry do 3 mm

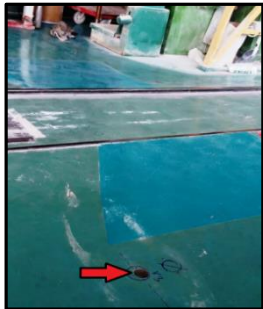


Místo sondy 4V2 do průvlaku nad 4. NP




Vzorek 4V2 o průměru 75 mm a délce cca 250 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 45 mm

Sonda 4V3 - stropní žebro	
Typ prvku (sondy):	žebro T406
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 193 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	20 mm (plochá zrna do 30 mm)
Pórovitost:	střední, ojedinělá dutina 12 mm

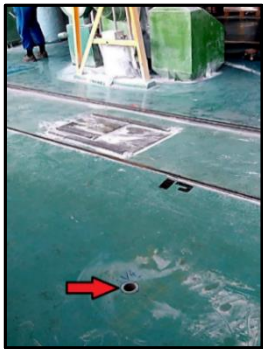


Místo sondy 4V3 do žebra nad 4. NP




Vzorek 4V3 o průměru 50 mm a délce cca 160 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 33 mm

Sonda 4V4 - stropní žebro	
Typ prvku (sondy):	žebro T406
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 210 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	25 mm
Rozmístění kameniva:	nerovnoměrně
Pórovitost:	mírná, póry do 5 mm




Místo sondy 4V4 do žebra nad 4. NP




Vzorek 4V4 o průměru 50 mm a délce cca 210 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 30 mm spojenou betonem žebra



Sonda 4V5 – stropní deska	
Typ prvku (sondy):	deska D401
Průměr vývrtu:	Ø 50 mm
Typ sondy:	sonda shora do stropu
Celková délka sondy:	cca 106 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	20 mm
Rozmístění kameniva:	nerovnoměrné
Pórovitost:	mírná, póry do 3 mm




Místo sondy 4V5 do desky nad 4. NP




Vzorek 4V5 o průměru 50 mm a délce cca 70 mm se silnou podlahovou vrstvou na povrchu o velikosti 36 mm

Sonda 4V6 - sloup	
Typ prvku (sondy):	sloup
Průměr vývrtu:	Ø 75 mm
Typ sondy:	sonda vodorovně do sloupu
Celková délka sondy:	cca 170 mm
Popis betonu	
Typ kameniva:	těžené
Frakce:	0-16 mm
Max. velikost zrn:	20 mm (plochá zrna do 30 mm)
Pórovitost:	mírná, póry do 3 mm



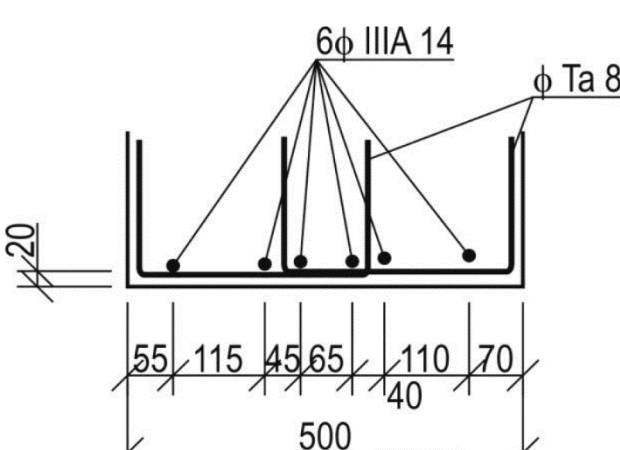
Místo sondy 4V6 do sloupu v 4. NP v blízkosti sondy S4 na ověření výztuže

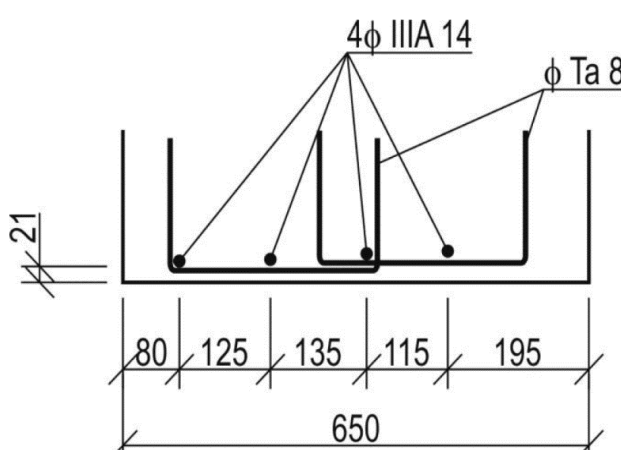


Vzorek 4V6 o průměru 75 mm a délce cca 170 mm

**Příloha č. 5: Stanovení vyztužení – strop nad 1. NP a sloup v 1. NP (2016)**

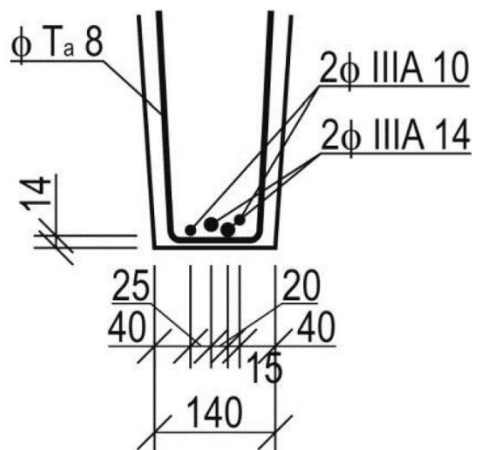
Sonda 1P – stropní průvlak	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	průvlak
<b>Místo sondy:</b>	průvlak v řadě C u sloupu 7 ve stropu nad 1. NP, dle výkresu prvek P101
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže : vyztužení stanoveno u spodního líce <i>a) uprostřed rozpětí b) u podpory</i>
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i třmínků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000

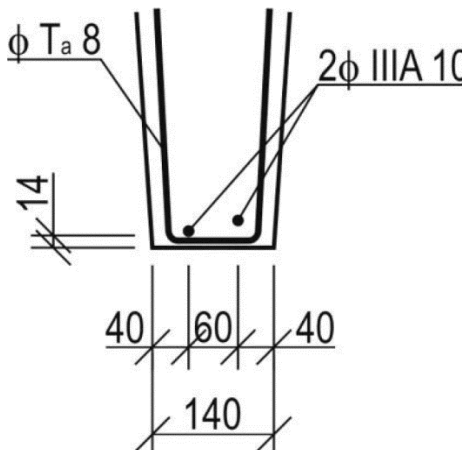
a) Výsledky stanovení vyztužení průvlaku uprostřed rozpětí – Sonda 1P(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	6x Ø IIIA 14 mm (krytí 20 - 30 mm)
<b>Dle projektu:</b>	6x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 240 mm (krytí 4 - 12 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou menší, než požaduje projekt → v průměru 240 mm místo 300 mm</li> </ul>	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 1P uprostřed rozpětí</p>	

b) Výsledky stanovení vyztužení průvlaku u podpory – Sonda 1P(B)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	4x Ø IIIA 14 mm (krytí 21 - 35 mm)
<b>Dle projektu:</b>	4x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 240 mm (krytí 4 - 12 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou menší, než požaduje projekt → v průměru 240 mm místo 300 mm</li> </ul>	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 1P u podpory</p>	

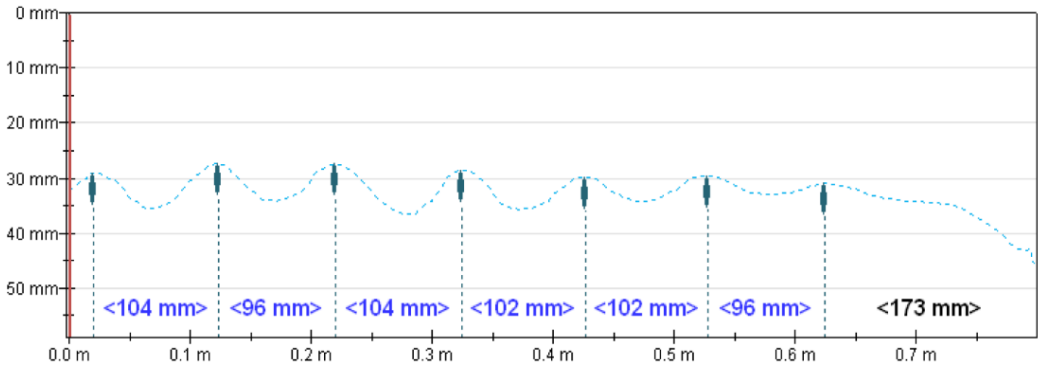


Sonda 1T – stropní žebro	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	žebro
<b>Místo sondy:</b>	žebro mezi sloupy C7-D7 ve stropu nad 1. NP, dle výkresu prvek T106
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže : vyztužení stanoveno u spodního líce a) uprostřed rozpětí b) u podpory : stanovena i poloha ohybů smykové výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 : poloha ohybů hlavní výztuže radarem Hilti PS1000

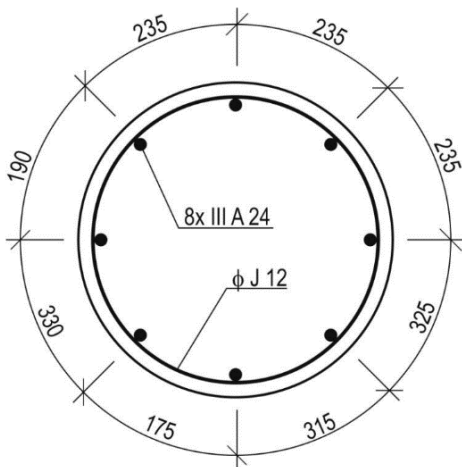
a) Výsledky stanovení vyztužení žebra uprostřed rozpětí – Sonda 1T(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 10 mm (krytí 14 - 30 mm)
	2x Ø IIIA 14 mm (krytí 14 - 20 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 10 mm
	2x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	dvojitřizné Ø Ta 8 mm á 260 mm (krytí 6 - 11 mm)
<b>Dle projektu:</b>	dvojitřizné Ø Ta 8 mm á 200 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou o něco větší, než požaduje projekt → v průměru 260 mm místo 200 mm</li> </ul>	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 1T uprostřed rozpětí</p>	

b) Výsledky stanovení vyztužení žebra u podpory – Sonda 1T(B)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 10 mm (krytí 14 - 31 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 10 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 230 mm (krytí 6 - 23 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 200 mm
Ohyby hlavní výztuže	
<b>Zjištěno:</b>	ve vzdálenosti 40 mm a 100 mm od líce podpory
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou o něco větší, než požaduje projekt → v průměru 230 mm místo 200 mm</li> </ul>	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v žebří v místě sondy 1T u podpory</p>	

Sonda 1D – stropní deska	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	deska
<b>Místo sondy:</b>	deska v poli mezi sloupky C-D ve stropu nad 1. NP, dle výkresu prvek D101
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i rozdělovací výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : průměry výztuží byly stanoveny Profometrem PM-630

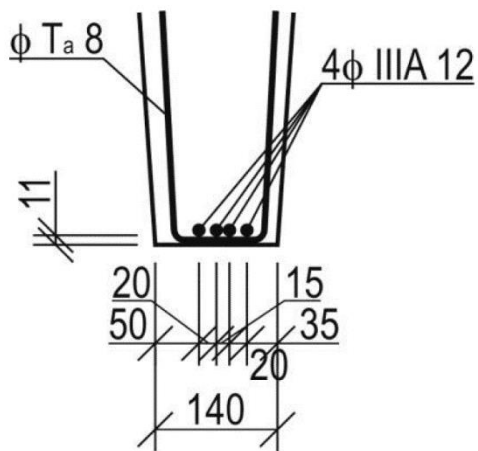
Výsledky stanovení vyztužení desky – Sonda 1D	
<b>Zjištěno:</b>	svařovaná síť z hladkých výztuží Ø 4 mm á 100 mm v obou směrech (krytí 27 mm)
<b>Dle projektu:</b>	pletivo 100 mm x 100 mm
<b>Porovnání s projektem</b>	
- zjištěná výztuž v daném místě prvku víceméně odpovídá projektu	
 <p>Výstup z profometru sondy 1D pro ověření polohy rozdělovací výztuže v desce</p>	

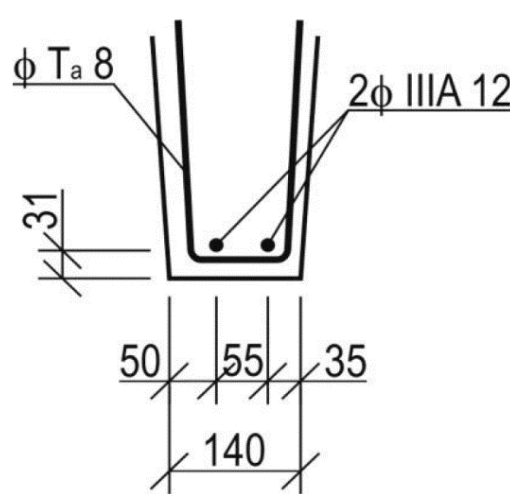
Sonda 1S – sloup	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	sloup
<b>Místo sondy:</b>	sloup C7 v 1. NP, dle výkresu prvek C7
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : ve vybraném místě byla provedena sekaná sonda k ověření typu výztuže a profilu (hlavní výztuž i třmínky)

Výsledky stanovení vyztužení sloupu – Sonda 1S	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	8x Ø IIIA 24 mm (krytí 16 - 39 mm)
<b>Dle projektu: (ze statického výpočtu)</b>	8x Ø IIIA 24 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	spirála Ø J 12 mm á 55 mm (krytí 4 - 25 mm)
<b>Dle projektu: (ze statického výpočtu)</b>	spirála Ø C 14 mm á 40 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se neshoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- hlavní výztuže odpovídají počtem, typem i průměrem</li> <li>- třmínky se liší typem, průměrem a mají větší rozteče</li> </ul>	
 <p style="text-align: center;">Schématický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy 1S</p>	

**Příloha č. 6: Stanovení vyztužení – strop nad 2. NP a sloup v 2. NP (2016)**

Sonda 2T – stropní žebro	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	žebro
<b>Místo sondy:</b>	žebro v poli 4-5 mezi sloupy B-C ve stropu nad 2. NP, dle výkresu prvek T205
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže : vyztužení stanoveno u spodního líce a) <i>uprostřed rozpětí</i> b) <i>u podpory</i> : stanovena i poloha ohybů smykové výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 : poloha ohybů hlavní výztuže radarem Hilti PS1000 : uprostřed rozpětí byla provedena sekaná sonda k ověření průměrů a typu výztuže (hlavní výztuž i třmínek)

a) Výsledky stanovení vyztužení žebra uprostřed rozpětí – Sonda 2T(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	4x Ø IIIA 12 mm (krytí 11 mm)
<b>Dle projektu:</b>	není k dispozici
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	dvojitřizné Ø Ta 8 mm á 200 mm (krytí 2 - 28 mm)
<b>Dle projektu:</b>	není k dispozici
Porovnání s projektem	
- projektová dokumentace k danému prvku není k dispozici	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 2T uprostřed rozpětí</p>	

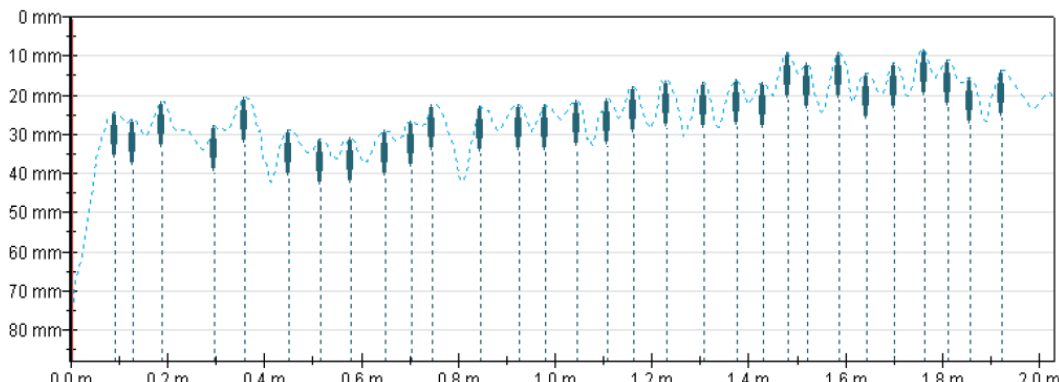
b) Výsledky stanovení vyztužení žebra u podpory – Sonda 2T(B)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 12 mm (krytí 31 mm)
<b>Dle projektu:</b>	není k dispozici
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	dvojitřizné Ø Ta 8 mm á 185 mm (krytí 2 - 14 mm)
<b>Dle projektu:</b>	není k dispozici
Ohyby hlavní výztuže	
<b>Zjištěno:</b>	ve vzdálenosti 45 mm a 95 mm od líce podpory
Porovnání s projektem	
- projektová dokumentace k danému prvku není k dispozici	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v žebří v místě sondy 2T u podpory</p>	

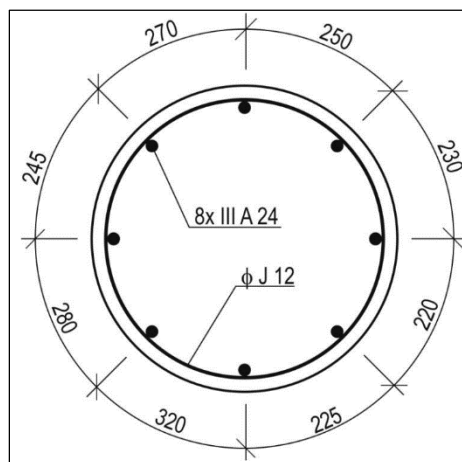


Sonda 2D – stropní deska	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	deska
<b>Místo sondy:</b>	deska v poli 4-5 mezi sloupy C-D ve stropu nad 2. NP, dle výkresu prvek D201
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i rozdělovací výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : ve vybraném místě byla provedena sekaná sonda k ověření typu výztuže a profilu

Výsledky stanovení vyztužení desky – Sonda 2D	
<b>Zjištěno:</b>	svařovaná síť z hladkých výztuží Ø 4 mm á 100 mm v obou směrech (krytí 6 - 16 mm)
<b>Dle projektu:</b>	pletivo 100 mm x 100 mm
<b>Porovnání s projektem</b>	
- zjištěná výztuž v daném místě prvku víceméně odpovídá projektu	

Sonda 2S – sloup	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	sloup
<b>Místo sondy:</b>	sloup C7 v 2. NP, dle výkresu prvek C7
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : ve vybraném místě byla provedena sekaná sonda k ověření typu výztuže a profilu (hlavní výztuž i třmínky)

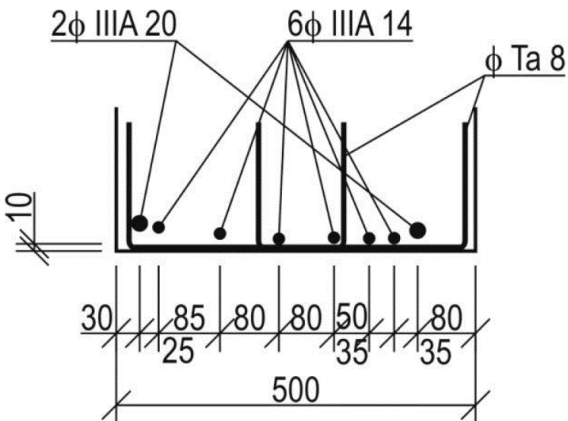
Výsledky stanovení vyztužení sloupu – Sonda 2S	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	8x Ø IIIA 24 mm (krytí 16 - 39 mm)
<b>Dle projektu: (ze statického výpočtu)</b>	8x Ø IIIA 24 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	spirála Ø J 12 mm á 55 mm (krytí 4 - 25 mm)
<b>Dle projektu: (ze statického výpočtu)</b>	spirála Ø C 12 mm á 40 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se neshoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- hlavní výztuže odpovídají počtem, typem i průměrem</li> <li>- třmínky se liší typem, průměrem a mají větší rozteče</li> </ul>	
 <p><i>Výstup z profometru sondy 2S pro ověření polohy třmínků ve sloupu, ze kterého jsou patrné rozteče třmínku</i></p>	

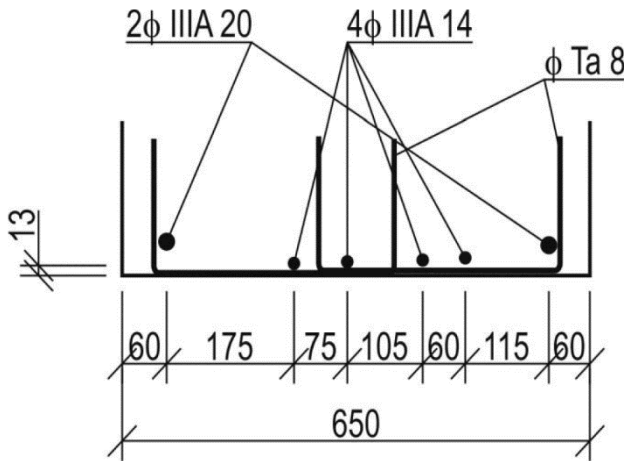


*Schématický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy 2S*

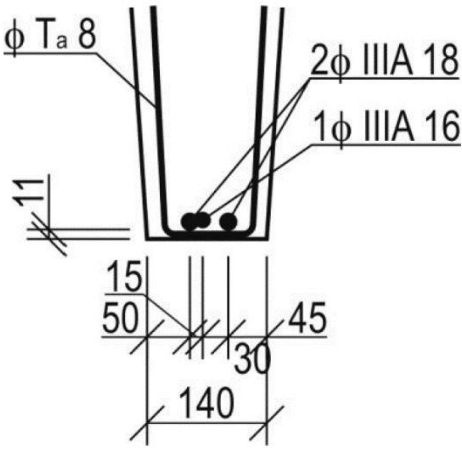
**Příloha č. 7: Stanovení vyztužení – strop nad 3. NP (2016)**

Sonda 3P – stropní průvlak	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	průvlak
<b>Místo sondy:</b>	průvlak v řadě C u sloupu 7 ve stropu nad 3. NP, dle výkresu prvek P303
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže : vyztužení stanoveno u spodního líce <i>a) uprostřed rozpětí b) u podpory</i>
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i třmínek výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : uprostřed rozpětí byla provedena sekaná sonda k ověření průměrů a typu výztuže (hlavní výztuž i třmínek)

a) Výsledky stanovení vyztužení průvlaku uprostřed rozpětí – Sonda 3P(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 20 mm (krytí 14 - 24 mm) 6x Ø IIIA 14 mm (krytí 10 - 19 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 20 mm 6x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 320 mm (krytí 2 - 22 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou mírně větší, než požaduje projekt → v průměru 320 mm místo 300 mm</li> </ul>	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 3P uprostřed rozpětí</p>	

b) Výsledky stanovení vyztužení průvlaku u podpory – Sonda 3P(B)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 20 mm (krytí 28 - 38 mm)
	4x Ø IIIA 14 mm (krytí 13 - 19 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 20 mm
	4x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 180 mm (krytí 5 - 19 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- zjištěna pouze odchylka v rozteči třmínku, které jsou menší, než požaduje projekt → v průměru 180 mm místo 300 mm</li> </ul>	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 3P u podpory</p>	

Sonda 3T – stropní žebro	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	žebro
<b>Místo sondy:</b>	žebro v poli 6-7 mezi sloupky C-D ve stropu nad 3. NP, dle výkresu prvek T307
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže : vyztužení stanoveno u spodního líce <i>a) uprostřed rozpětí b) u podpory</i> : stanovena i poloha ohybů smykové výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 : poloha ohybů hlavní výztuže radarem Hilti PS1000 : uprostřed rozpětí byla provedena sekaná sonda k ověření průměrů a typu výztuže (hlavní výztuž i třmínek)

a) Výsledky stanovení vyztužení žebra uprostřed rozpětí – Sonda 3T(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 18 mm (krytí 11 mm) 1x Ø IIIA 16 mm (krytí 14 mm)
<b>Dle projektu:</b>	není k dispozici
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	dvojitřizné Ø Ta 8 mm á 315 mm (krytí 2 mm)
<b>Dle projektu:</b>	není k dispozici
Srovnání s projektem	
- projektová dokumentace k danému prvku není k dispozici	
 <p>Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 3T uprostřed rozpětí</p>	



**b) Výsledky stanovení vyztužení žebra u podpory – Sonda 3T(B)**

**Ohybová výztuž**

**Zjištěno:** 2x Ø IIIA 18 mm (krytí 11 mm)

**Dle projektu:** není k dispozici

**Třmínky**

**Zjištěno:** dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 245 mm (krytí 2 mm)

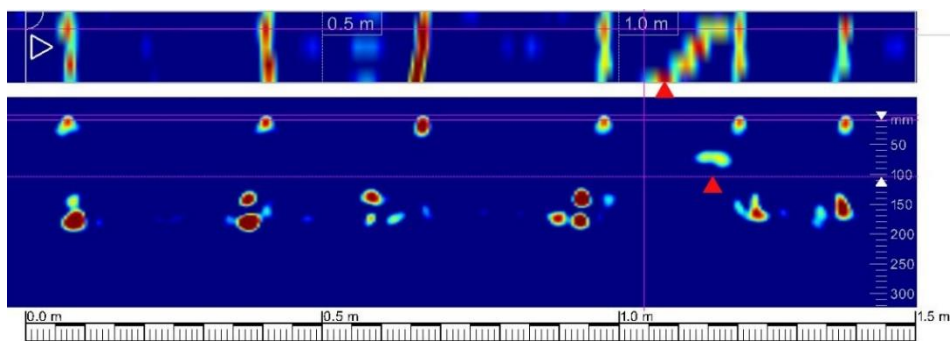
**Dle projektu:** není k dispozici

**Ohyby hlavní výztuže**

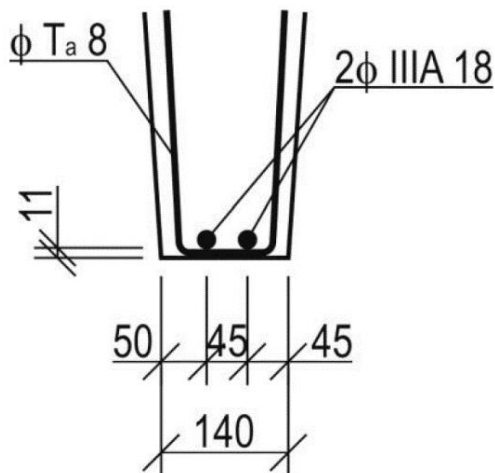
**Zjištěno:** ve vzdálenosti 55 mm od líce podpory

**Porovnání s projektem**

- projektová dokumentace k danému prvku není k dispozici



Výstup z radaru Hilti PS 1000 sondy 3T na liniovém skenu,  
při kterém je dobře patrná poloha ohybu jedné hlavní výztuže (vyznačeno šipkami)




Schématický výkres zjištěné výztuže v žeburu v místě sondy 3T u podpory

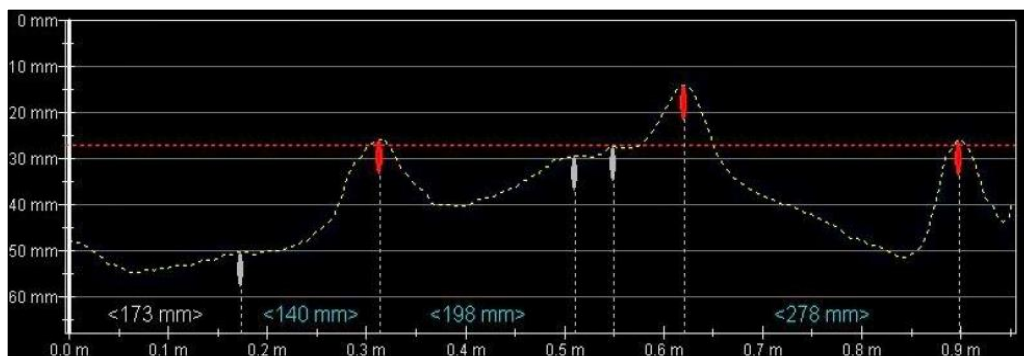
Sonda 3D – stropní deska	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	deska
<b>Místo sondy:</b>	deska v poli 6-7 mezi sloupky C-D ve stropu nad 3. NP, dle výkresu prvek D301
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i rozdělovací výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : ve vybraném místě byla provedena sekaná sonda k ověření typu výztuže a profilu

Výsledky stanovení vyztužení desky – Sonda 3D	
<b>Zjištěno:</b>	svařovaná síť z hladkých výztuží Ø 4 mm á 100 mm v obou směrech (krytí 5 - 20 mm)
<b>Dle projektu:</b>	pletivo 100 mm x 100 mm
<b>Porovnání s projektem</b>	
- zjištěná výztuž v daném místě prvku víceméně odpovídá projektu	

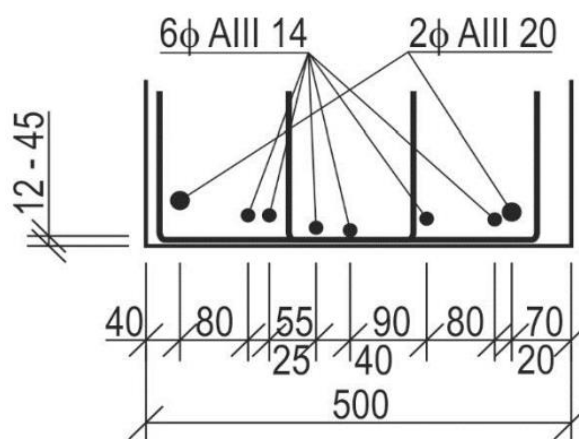
**Příloha č. 8: Stanovení vyztužení – strop nad 4. NP a sloup v 4. NP (2015)**

Sonda 4P – stropní průvlak	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	průvlak
<b>Místo sondy:</b>	průvlak v poli 6-7, řadě C ve stropu nad 4. NP, dle výkresu prvek P401
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže : vyztužení stanoveno u spodního líce <i>a) uprostřed rozpětí b) u podpory</i>
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha hlavní výztuže i třmíneků výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : uprostřed rozpětí (A) a u podpory (B) byla provedena sekaná sonda k ověření průměrů a typu výztuže (hlavní výztuž i třmínek)

a) Výsledky stanovení vyztužení průvlaku uprostřed rozpětí – Sonda 4P(A)	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 20 mm (krytí 31 - 45 mm) 6x Ø IIIA 14 mm (krytí 12 - 30 mm)
<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 20 mm 6x Ø IIIA 14 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	čtyřstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm (krytí 0 - 25 mm)
<b>Dle projektu:</b>	čtyřstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
Porovnání s projektem	
- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací	
	
Sekaná sonda průvlaku v místě sondy 4P(A) uprostřed rozpětí	



Výstup z profometru průvlaku v místě sondy 4P(A) uprostřed rozpětí, rozteče třmínek cca 300 mm



Schématický výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 4P(A) uprostřed rozpětí

**b) Výsledky stanovení vyztužení průvlaku u podpory – Sonda 4P(B)**

**Ohybová výztuž**

<b>Zjištěno:</b>	2x Ø IIIA 20 mm (krytí 40 - 50 mm)
	4x Ø IIIA 14 mm (krytí 13 - 40 mm)

<b>Dle projektu:</b>	2x Ø IIIA 20 mm
	4x Ø IIIA 14 mm

**Třmínky**

<b>Zjištěno:</b>	čtyřstrižné Ø Ta 8 mm á 100 mm (krytí 0 - 25 mm)
	dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 100 mm (krytí 0 - 25 mm)

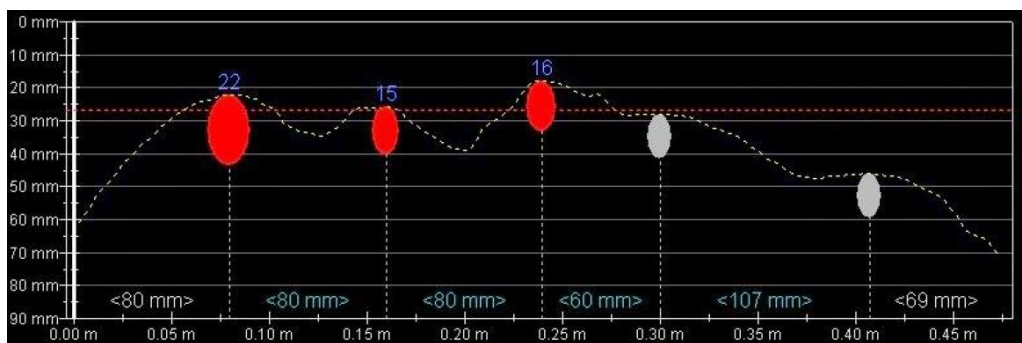
<b>Dle projektu:</b>	čtyřstrižné Ø Ta 8 mm á 300 mm
	dvojstrižné Ø Ta 8 mm á 150 mm

**Porovnání s projektem**

- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací

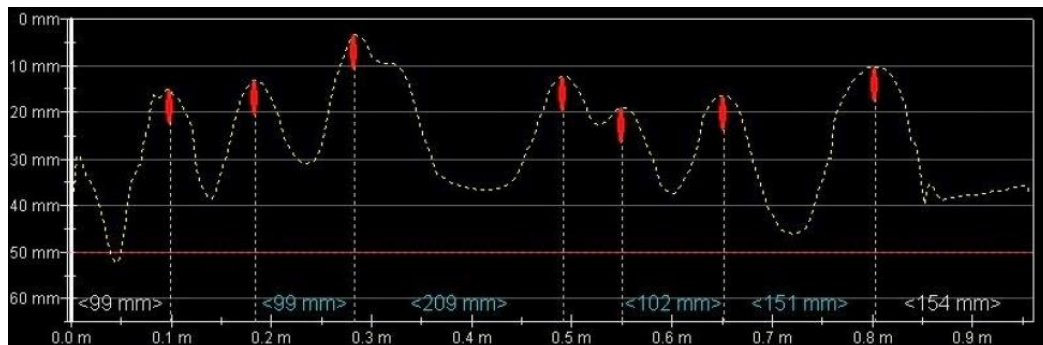


*Sekaná sonda průvlaku v místě sondy 4P(B) u podpory*



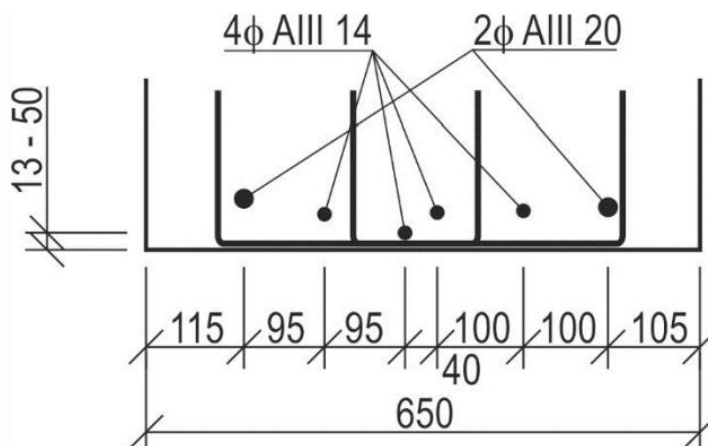
*Výstup z profometru sondy 4P(B) pro ověření průměru výztuže v druhé polovině průvlaku, kde nebyla výztuž obnažena*

- vlivem vzdálenosti třmínků došlo k mírnému nadhodnocení průměru, ovšem bylo potvrzeno stejné rozložení výztuže (Ø 20 mm, 2x Ø 14 mm)



Výstup z profometru sondy 4P(B) pro ověření rozteče třmínků v druhé polovině poloviny průvlaku


- výstup z profometru zaznamenal, že rozteče třmínků jsou v průměru cca 100 mm, což přesně odpovídá projektu, kdy v daném místě mají být čtyřstřížné třmínky po 300 mm a dvojstřížné po 150 mm, tedy v průměru po 100 mm

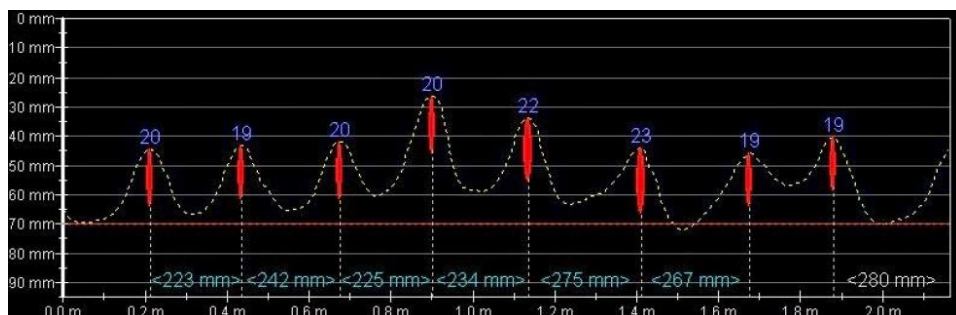


Schématiký výkres zjištěné výztuže v průvlaku v místě sondy 4P(B) u podpory



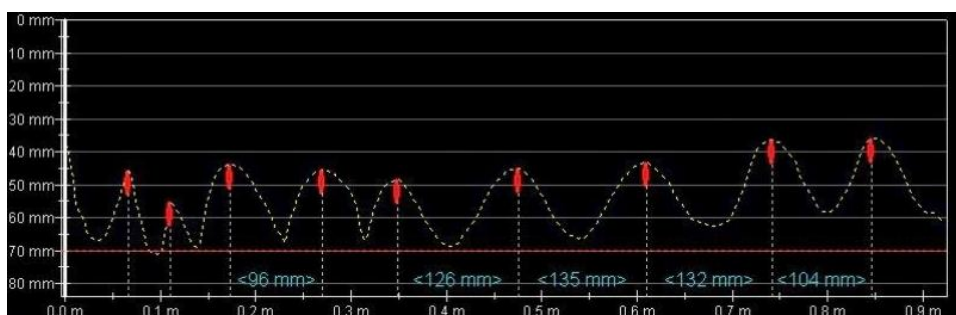
Sonda 4S – sloup	
<b>Typ prvku (sondy):</b>	sloup
<b>Místo sondy:</b>	sloup v poli 7, radě C v 4. NP, dle výkresu prvek C7
<b>Účel provedení sondy:</b>	stanovení polohy výztuže
<b>Použité metody:</b>	magnetický indikátor Profometer PM-630 : Georadar Hilti PS1000 : sekaná sonda
<b>Postup:</b>	poloha výztuže byla stanovena elektromagnetickým indikátorem Profometer PM-630 a radarem Hilti PS1000 : ve vybraném místě byla provedena sekaná sonda k ověření typu výztuže a profilu (hlavní výztuž i třmínky)

Výsledky stanovení vyztužení sloupu – Sonda 4S	
Ohybová výztuž	
<b>Zjištěno:</b>	8x Ø IIIA 20 mm (krytí 25 - 45 mm cca 1,2 m nad podlahou)
<b>Dle projektu:</b>	8x Ø Da 20 mm
Třmínky	
<b>Zjištěno:</b>	Ø Ta 6,5 mm po cca 100 mm ve spodní části sloupu, ve výšce se rozteče zvětšují na cca 120 mm, krytí je značně proměnlivé
<b>Dle projektu:</b>	Ø Na 6 mm po 100 (150) mm pozn. - posuzovatelům není známo označení výztuží Da či Na, domnívají se, že ve výkresech jde o špatné přepsané označení III A a Ta
Porovnání s projektem	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- zjištěná výztuž v daném prvku se shoduje s projektovou dokumentací</li> <li>- třmínky mají mírně menší rozteče</li> </ul>	
	
Sekaná sonda na zkušebním místě 4S ve sloupu	



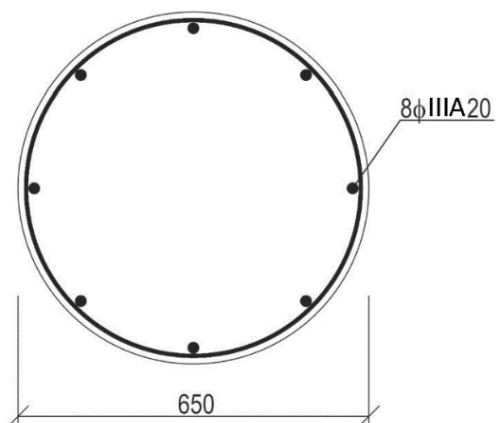
*Výstup z profometru sondy 4S pro ověření vzdálenosti hlavní výztuže*

- výstup z profometru zaznamenal, že průměr výztuže je 20 mm
- krytí je v místě měření od 26 mm do 46 mm (po obvodu i výšce je proměnlivé)



*Výstup z profometru sondy 4S pro ověření vzdálenosti třmínků*

- výstup z profometru zaznamenal, že průměrná vzdálenost třmínků je 120 mm (dole jsou zahuštěny na méně než 100 mm)
- krytí je v místě měření od 35 do 45 mm, ve skutečnosti se po obvodu i vertikálně značně mění



*Schématický výkres zjištěné výztuže ve sloupu v místě sondy 4S*